Digitized by Google

Ouvrage ajouté à l'expédition

MÉMOIRE
SUR LA POUDRE
ET SUR SES EFFETS
DANS LES ARMES A FEU.

PAR M. POUMET,

Chef de bataillon au corps royal de l'artillerie, chevalier de l'ordre royal et militaire de Saint-Louis et de l'ordre royal de la Légion-d'Honneur, Professeur d'artillerie à l'école d'application du corps royal d'état-major.

IIe CAHIER.

Felix qui potuit rerum cognoscere causas
Atque metus omnes et inexorabile fatum
Subjecit pedibus..... VIRG., Georg., lib. II.

Les effets de même nature ne sont constans ou de même rapport que lorsqu'il y a identité ou similitude ; dans tous les autres cas leur relation diffère et peut varier à l'infini pour les prévoir et les apprécier il faut connaître les causes qui les produisent et les lois auxquelles ils sont soumis. La théorie expose ces principes elle détermine ce qui est nécessaire pour les utiliser, et la pratique en fait l'application. Lorsqu'on n'a pour guides que des résultats d'expérience ou d'usage, on est exposé se tromper, et c'est là le propre de la routine ... Texte, p. 52.

A PARIS,

CHEZ
ANCELIN et POCHARD, Libraires pour l'art militaire, rue Dauphine, n°. 9,
BACHELIER, Libraire pour les mathématiques et la marine, Quai des Augustins, n°. 55 ;
LEVRAULT, Libraire-Éditeur de l'*Annuaire militaire*, rue de la Harpe, n°. 81

1828.

6376
Pelat XLIV 172

MÉMOIRE

SUR LA POUDRE

ET SUR SES EFFETS

DANS LES ARMES A FEU.

PARIS.—IMPRIMERIE DE FAIN, RUE RACINE, N°. 4,
PLACE DE L'ODÉON.

586069

MÉMOIRE
SUR LA POUDRE
ET SUR SES EFFETS
DANS LES ARMES A FEU.

PAR M. POUMET.

Chef de bataillon au corps royal de l'artillerie, chevalier de l'ordre royal et militaire de Saint-Louis et de l'ordre royal de la Légion-d'Honneur, Professeur d'artillerie à l'école d'application du corps royal d'état-major.

IIe. CAHIER.

Felix qui potuit rerum cognoscere causas,
Atque metus omnes et inexorabile fatum
Subjecit pedibus..... VIRG., Georg., lib. II.

Les effets de même nature ne sont constans ou de même rapport que lorsqu'il y a identité ou similitude ; dans tous les autres cas leur relation diffère et peut varier à l'infini ; pour les prévoir et les apprécier il faut connaître les causes qui les produisent et les lois auxquelles ils sont soumis. La théorie expose ces principes, elle détermine ce qui est nécessaire pour les utiliser, et la pratique en fait l'application. Lorsqu'on n'a pour guides que des résultats d'expérience ou d'usage, on est exposé à se tromper, et c'est là le propre de la routine ... Texte, p. 32, 1er. cah.

Bibliothèque Nationale FOND PALATINO

A PARIS.

CHEZ
ANCELIN et POCHARD, Libraires pour l'art militaire, rue Dauphine, n°. 9 ;
BACHELIER, Libraire pour les mathématiques et la marine, quai des Augustins, n°. 55 ;
LEVRAULT, Libraire-Éditeur de l'*Annuaire militaire*, rue de la Harpe, n°. 81.

1828.

Digitized by Google

MÉMOIRE

SUR LA POUDRE

ET SUR SES EFFETS

DANS LES ARMES A FEU.

DEUXIÈME QUESTION.

1. *Le grain sphérique est-il préférable au grain anguleux ?*

2. Si on connaissait les propriétés que ces deux espèces de grains donnent à la poudre, il serait facile de s'assurer si elles sont plus avantageuses les unes que les autres, et la solution de la question proposée n'offrirait aucune difficulté. Cherchons donc ces propriétés. Le seul moyen d'acquérir une parfaite connaissance des choses, c'est de remonter à leur origine, de les suivre dans leur génération, d'observer les différences qu'elles présentent, et de les considérer sous tous les rapports possibles.

3. Soient faits par les procédés ordinaires un certain nombre de grains sphériques et une pareille quantité de grains anguleux, tous de matière identique, équivalens et passant par le même trou du grénoir, en touchant aussi exactement que possible à son contour, dont le rayon serait représenté par R.

4. Le diamètre des grains sphériques sera constant et égal à $2R$; mais la surface de la base d'un grain anguleux quelconque, de la forme d'une pyramide par exemple, ne sera point déterminée par la condition d'être inscrite à un cercle d'un rayon connu, elle sera seulement assujettie à ne point dépasser la surface de ce cercle, et elle pourra avoir au-dessous une infinité de valeurs. La hauteur de ce grain changera de même, parce qu'elle dépend de sa base et d'une solidité qui, par hypothèse, ne varie

pas, et parce qu'en général le volume, étant le produit de trois quantités, ne détermine point la forme d'un corps; car avec deux facteurs linéaires on peut faire un nombre infini de figures de surface égale, et avec ces figures et un troisième facteur de même nature que les précédens, on peut également composer un nombre illimité de solides équivalens. Les conditions imposées (3) ne fixent donc pas chacune des trois quantités de la solidité du grain anguleux, quelle que soit d'ailleurs l'espèce des corps réguliers ou irréguliers à laquelle il appartient, ou avec laquelle il a le plus d'analogie; elles ne remplissent cet objet que lorsque a forme de ce grain est donnée.

5. Ainsi, il y aura identité entre les grains sphériques, mais les grains anguleux, sans changer de volume, différeront les uns des autres, selon la grandeur que leurs dimensions auront prise pendant la granulation entre les limites qui leur sont assignées; donc, sous le même poids et dans la même arme à feu, les grains sphériques donneront à la poudre des qualités moins anomales que celles que lui procureront les grains anguleux; mais les diverses formes de ces derniers grains rendront-elles la poudre angulense meilleure ou moins bonne que la poudre ronde?

6. Tous les grains étant supposés équivalens et de matière identique (3), la quantité de substance combustible qu'ils fourniront chacun à la flamme comburante ne changera point avec leur figure; mais la surface, les interstices et le volume qu'ils présenteront réunis en masse pourront n'être pas les mêmes dans la poudre ronde et dans la poudre anguleuse. Comparons ces deux espèces de poudre sous ces trois points de vue; en remarquant les circonstances qui leur seront particulières, nous parviendrons sans doute à reconnaître quel est le grain que l'on doit préférer.

7. Supposons d'abord que les grains anguleux soient semblables aux corps simples et composés qui font partie des élémens de la géométrie; nous admettrons ensuite qu'ils aient une forme quelconque. Dans cette première hypothèse nous aurons, pour les grains anguleux simples, des cylindres, des cônes, des parallélipipèdes, des prismes, des pyramides, des troncs de cône et des pyramides tronquées. Les grains anguleux composés seront de deux espèces; les uns auront la figure

des solides de révolution, qui sont formés de corps simples à surface courbe et à surface plane, et les autres seront de la nature des polyèdres, qui résultent de la réunion de plusieurs corps simples à surface plane seulement; la solidité et la surface de tous ces grains, pour chacune de leurs formes en particulier, seront déterminées par les conditions exigées (3 et 4.)

8. Supposons aussi, pour plus de facilité, que les corps simples aient pour bases des cercles ou des polygones réguliers perpendiculaires à leur axe ou à leurs arêtes, selon leur espèce, et quelle que soit la forme du grain anguleux, représentons par S la surface de ce grain, par H sa hauteur, par c l'un des côtés de sa base; par S' la surface du grain sphérique, par V le volume commun à ces deux sortes de grains. Dans nos considérations sur ces diverses quantités, les calculs que nous serons obligés de faire n'exigeront que la connaissance de la simple géométrie et des premières parties de l'algèbre, afin de n'employer que des moyens élémentaires pour découvrir les propriétés que nous cherchons, et pour parvenir aux résultats numériques dont nous pourrons avoir besoin.

9. Le grain anguleux cylindrique aura pour base un cercle de même rayon que les trous du grenoir, puisqu'il doit, par supposition, passer à travers de l'un de ces trous en coïncidant avec son contour (3); son volume sera égal à $\pi R^2 H$, et celui du grain sphérique à $\frac{4 \pi R^3}{3}$ par la même raison; comme ces deux volumes sont égaux (3), et que $\pi = 3.14$, on a :

$$V = (3.14) R^2 H^2 = \frac{4 (3.14) R^3}{3},$$

d'où

$$H = (1.33) R,$$

et par suite

$$S = 2 \pi R^2 + 2 \pi R (1.33) R = (14.65) R^2;$$

mais

$$S' = 4 \pi R^2 = (12.56) R^2,$$

donc

$$S - S' = (2.09) R^2.$$

10. Le grain anguleux étant un cône, et H' l'une de ses génératrices,

$$V = \frac{\pi R^2 H}{3} = \frac{4 \pi R^3}{3},$$

$$H = 4 R,$$

$$H' = \sqrt{R^2 + 16 R^2} = R \sqrt{17} = (4.12) R,$$

$$S = 2 \pi R \frac{(4.12) R}{2} + \pi R^2 = (16.07) R^2,$$

et

$$S - S' = (3.51) R^2.$$

11. Le grain anguleux de la forme d'un parallélipipède ayant pour base un carré (8),

$$2 c^2 = 4 R^2; \quad V = c^2 H = \frac{4 \pi R^3}{3};$$

$$c = \frac{2 R}{\sqrt{2}}; \qquad H = \frac{2 \pi R}{3} = (2.09) R,$$

et

$$S = 4 R^2 + 4 \frac{2 R}{\sqrt{2}} (2.09) R;$$

$$\sqrt{2} = 1.41$$

donne

$$S = (15.87) R^2,$$

donc

$$S - S' = (3.31) R^2.$$

De la valeur de H on déduit $H > 2 R$; conséquemment il ne peut pas se former pendant la granulation d'hexaèdres réguliers, ou de grains cubiques, équivalens aux grains sphériques; car le côté du carré inscrit au cercle de même rayon que le trou du grenoir est plus petit que le diamètre de ce cercle.

12. Le grain anguleux prismatique aura pour base un triangle équilatéral ou un polygone régulier au-dessus du carré (8 et

11); dans le 1er. cas l'expression de son volume V sera $\frac{ch}{2} H$; h représentant la hauteur de sa base; mais p étant l'une des deux parties du rayon R divisé par le côté c, on a : en formant l'hexagone de côtés égaux, inscrit dans le cercle dont 2 R est le diamètre,

$$\frac{c^2}{4} + p^2 = R^2; \qquad \frac{c^2}{4} + (R-p)^2 = R^2;$$

donc

$$p^2 = (R-p)^2;\ p = \frac{R}{2};\ h = R + \frac{R}{2} = \frac{3R}{2};$$

$$\frac{c^2}{4} = R^2 - \frac{R^2}{4} = \frac{3R^2}{4} \quad \text{et} \quad c = R\sqrt{3} = (1.73)\ R;$$

ainsi

$$V = \frac{ch}{2} H = (1.29)\ R^2 H;$$

par conséquent

$$(1.29)\ R^2 H = \frac{4\pi R^3}{3} = (4.19)\ R^3;$$

d'où on tire

$$H = (3.24)\ R,$$

et $\quad S = (2.58)\ R^2 + 3\ R\sqrt{3}(3.24)\ R = (19.39)\ R^2;$

donc $\quad S - S' = (6.83)\ R^2;$

dans le 2e. cas, lorsque la base aura un nombre de côtés infiniment grand, le grain anguleux sera un cylindre droit; conséquemment, quel que soit le nombre de ses pans, quand il conservera la forme d'un prisme, la valeur de sa surface sera comprise (9 et 12) entre les deux quantités (14.65) R^2 et (19.39) R^2; en effet le parallélipipède rectangle est intermédiaire entre le prisme triangulaire et le cylindre droit; or la valeur de sa surface (11) est aussi entre celles des surfaces de ces deux corps, car on a :

$$(15.8\text{-})\ R^2 > (14.65)\ R^2 \quad \text{et} \quad < (19.39)\ R^2;$$

donc pour tous les grains prismatiques qui peuvent se former pendant la granulation avec une base d'un nombre quelconque de côtés égaux au-dessous de trois (11 et 9),

$$S - S' \text{ est } < (6.83)\, R^2 \quad \text{et} \quad > (2.09)\, R^2.$$

13. Lorsque le grain anguleux est une pyramide, sa base est un polygone régulier de trois ou d'un plus grand nombre de côtés (8) : quand il est un tétraèdre et que le triangle opposé à son sommet est équilatéral, le pied de sa hauteur est au centre du cercle circonscrit à ce triangle, et

$$V = \frac{ch}{2} \times \frac{H}{3} = \frac{4\pi R^3}{3},$$

d'où

$$H = (9.73)\, R;$$

en appelant H' la hauteur de l'une de ses faces, ou son apothême, on obtient :

$$H' = \sqrt{\frac{R^2}{4} + (9.73)^2 R^2} = \sqrt{0.25 + (9.73)^2} = (9.74)\, R;$$

donc

$$S = \frac{ch}{2} + \frac{3\, cH'}{2};$$

ou (12)

$$S = (1.29)\, R^2 + R\,(2.59)\,(9.74)\, R = (26\ 51)\, R^2,$$

et

$$S - S' = (13.95)\, R^2;$$

mais la pyramide se change en un cône, comme le prisme en un cylindre, lorsque sa base est un polygone régulier d'une infinité de côtés; donc l'expression de la surface du grain pyramidal a pour limites (10 et 13) les deux quantités (16.07) R^2 et (26.51) R^2, et pour en donner une preuve *à posteriori*, prenons, par exemple, un carré pour la base de ce grain, nous aurons :

$$2\, c^2 = 4\, R^2;\ c^2 = 2\, R^2;\ c = R\sqrt{2};$$

$$V = \frac{c^2 H}{3} = \frac{2\, R^2 H}{3} = \frac{4\pi R^3}{3},$$

Digitized by Google

$$H = (6.28)\, R,$$

$$H' = \sqrt{\left(\frac{c}{2}\right)^2 + H^2} = (6.31)\, R,$$

d'où

$$S = \frac{4\, H' c}{2} + c^2 = (19.79)\, R^2,$$

valeur qui est effectivement comprise entre

$$(16.07)\, R^2 \quad \text{et} \quad (26.51)\, R^2;$$

et il en résulte pour ce cas particulier

$$S - S' = (7.23)\, R^2;$$

donc pour tous les grains de la forme d'une pyramide droite, ayant pour base un polygone régulier,

$$S - S' \text{ est} < (13.95)\, R^2 \quad \text{et} \quad > (3.51)\, R^2.$$

14. Le grain anguleux étant de la forme d'un tronc de cône, D et d les diamètres de ses deux bases,

$$V = \frac{\pi H}{3 \times 4} (D^2 + d^2 + D d);$$

mais d'après les conditions de la granulation (3)

$$D = 2 R,$$

donc, en faisant $d = 2 r$, on a :

$$V = \frac{\pi H}{3} (R^2 + r^2 + R r),$$

et par suite (3 et 9)

$$H (R^2 + r^2 + Rr) = 4 R^3,$$

équation à deux inconnues, H et r, de la nature de celles des problèmes indéterminés du second degré, et dont l'une augmente lorsque l'autre diminue (*algèbre*). Comme chacune de ces

deux inconnues peut avoir un nombre indéfini de valeurs, et que le grain devient cylindrique lorsque $R = r$, et conique quand $r = 0$, il s'ensuit qu'il y a une infinité de grains anguleux de la forme d'un tronc de cône équivalent au grain sphérique, et que la surface de chacun de ces grains (11 et 10) est plus grande que $(14.65)\,R^2$, et plus petite que $(16.07)\,R^2$; pour rendre sensible, par un exemple comme ci-dessus, la deuxième partie de cette conséquence, prenons pour r la moyenne de ses valeurs entre zéro et le rayon des trous du grenoir, nous aurons $r = \frac{R}{2}$, et l'équation que nous avons obtenue plus haut deviendra

$$H\left(R^2 + \frac{R^2}{4} + \frac{R^2}{2}\right) = 4\,R^3,$$

d'où nous déduirons

$$H = \frac{16}{7}R = (2.28)\,R;$$

mais en général

$$H' = \sqrt{(R-r)^2 + H^2},$$

ainsi pour le cas où $r = \frac{R}{2}$,

$$H' = \sqrt{\frac{R^2}{4} + \left(\frac{16}{7}\right)^2 R^2} = R\,(2.33);$$

or pour tous les troncs de cône

$$S = \pi H'(R + r) + \pi R^2 + \pi r^2,$$

par conséquent la surface que nous cherchons

$$S = \pi R\,(2.33)\left(R + \frac{R}{2}\right) + \pi R^2 + \frac{\pi R^2}{4} = (14.87)\,R^2,$$

quantité qui surpasse $(14.65)\,R^2$, et qui est moindre que $(16.07)\,R^2$, ce qu'il fallait faire voir; donc pour tous les grains anguleux semblables à un tronc de cône

$$S - S' \text{ est} > (2.09)\,R^2 \text{ et} < (3.51\,R^2.$$

15. On prouve de même qu'il y a un grand nombre de grains de la forme d'une pyramide tronquée, entre le grain cylindrique et le grain pyramidal, ayant pour base un triangle équilatéral et que pour chacun de ces grains on a constamment (9 et 13).

$$s - s' > (2.09)\,R^2 \text{ et } < (13.95)\,R^2$$

16. Parmi les corps simples et droits, de formation régulière, on comprend aussi les demi-cylindres, les demi-cônes, les demi-troncs-de cône, la section étant supposée faite suivant l'axe, et les prismes dont la base est un triangle rectangle inscrit à un cercle. Pour les grains semblables à ces divers solides, on obtient les différences ci-après :

17. Pour le grain demi-cylindrique

$$\frac{\pi R^2 H}{2} = \frac{4\pi R^3}{3}$$

d'où on tire

$$H = \frac{8R}{3} = (2.66)\,R$$

mais $$S = \pi R^2 + \pi R H + 2 R H.$$

donc $$S = (16.74)\,R^2.$$

et $$S - S' = (4.18)\,R^2.$$

18. Pour le grain demi-conique

$$\frac{\pi R^2 H}{6} = \frac{4\pi R^3}{3}.$$

par conséquent $$H = 8R.$$

et $$H' = \sqrt{R^2 + 64R^2} = R\sqrt{65} = (8.06)\,R.$$

mais $$S = \frac{\pi R H'}{2} + R H + \frac{\pi R^2}{2}.$$

donc $$S = (22.22)\,R^2.$$

et $$S - S' = (9.66)\,R^2.$$

19. Pour le grain demi-cône tronqué on a, comme pour le grain tronc-conique (14) une infinité de résultats qui satisfont à la question ;

En général $\frac{\pi H}{6}(R^2 + r^2 + Rr) = \frac{4\pi R^3}{3}$.

d'où on déduit pour le cas particulier où $r = \frac{R}{2}$.

$$H = \frac{32}{7} R = (4.56) R.$$

et $$H = (4.56) R.$$

or $$S = \frac{\pi H'}{2}\left(R + \frac{R}{2}\right) + \pi\left(\frac{R^2 + \frac{R^2}{4}}{2}\right) + \left(R + \frac{R}{2}\right) H.$$

donc $$S = (19.76) R^2.$$

et $$S - S' = (7.20) R^2.$$

20. Dans le grain prismatique qui a pour base un triangle rectangle, l'hypothenuse est constamment égale à 2 R; mais les deux autres côtés de ce triangle changent avec la position de leur point de réunion sur la circonférence du cercle du trou du grenoir; il s'en suit qu'il y a dans ce cas comme dans le précédent, un nombre indéterminé de grains, qui tous peuvent faire partie de la poudre anguleuse fabriquée d'après les principes adoptés (3 et 4). Prenons pour exemple, parmi ces grains, celui dont la base a la plus grande hauteur, et qui est la moitié du parallélipipède rectangle régulier (11), nous aurons h étant la hauteur, c et c' les deux petits côtés de cette base:

$$h = R;\ c = R\sqrt{2};\ \frac{2Rh}{2} = R^2$$

$$V = R^2 H = \frac{4\pi R^3}{3}$$

par conséquent $H = (4.18) R$

or $S = 2R^2 + 2RH + 2HR\sqrt{2}$

donc $S = (22.14) R^2$

et $S - S' = (9.58) R^2$

21. Les grains anguleux de la figure des solides de révolution, ayant pour profil générateur un polygone et les grains anguleux, composés de corps simples à surface plane, sont formés les uns de cônes, de troncs de cône et de cylindres, les autres de pyramides, de troncs de pyramide et de prismes. Les surfaces

de ces corps se calculent à l'aide des formules que nous avons données; et en les comparant chacun à la surface du grain sphérique équivalent on parvient à des résultats pareils à ceux que nous avons obtenus. Soit, par exemple, un grain composé d'un cylindre terminé par deux cônes égaux, dont la forme se rapproche davantage de celle que prennent le plus ordinairement les grains anguleux à cause des frottemens; en appelant h la hauteur de chacun des deux cônes égaux; H' leur apothème et en donnant à la hauteur du cylindre intermédiaire une cote $H = R$, on aura :

$$V = \pi R^3 + \frac{2 \pi R^2 h}{3} = \frac{4 \pi R^3}{3}.$$

d'où on déduit :

$$h = \frac{R}{2} \text{ et } H = \sqrt{\frac{R^2}{4} + R^2} = \frac{R\sqrt{5}}{2} = (1.105) R.$$

or $S = 2 \pi R^2 + 2 \pi R H'$

donc $S = (13.21) R^2$.

et $S - S' = (0.65) R^2$.

en faisant varier alternativement les quantites H et h depuis zéro jusqu'à la plus grande valeur qu'elles peuvent prendre chacune, le grain change de forme et se compose successivement de deux cônes, d'un cylindre et de deux cônes, d'un cylindre ou d'un cône seulement. On obtient ainsi une suite indéfinie de gains différens qui satisfont aux conditions imposées (3 et 4). Tous ces grains sont compris entre le grain cylindrique et le grain conique; leur surface a pour limites celles de ces deux grains (9, 10. 12 et 13), leur plus grande dimension selon la grandeur des corps simples dont ils sont formés, est égale ou à l'apothème du grain conique (10), ou à la hauteur des deux cônes, ou des trois corps réunis, ou enfin à la diaganale de la section de la partie cylindrique suivant son axe. Soit θ cette plus grande dimension. Pour le cas où $H = R$ et qu'on a supposé dans cet exemple

$$H + 2h = 2R; \theta = \sqrt{R^2 + 4R^2} = R\sqrt{5} = (2.21) R.$$

22. Il résulte donc des diverses valeurs de $S - S'$ qu'on vient de calculer, que tous les grains réguliers ou composés de parties

régulières qui remplissent les conditions de la granulation (3 et 4) sont très-nombreux, qu'ils ont chacun plus de surface que le grain sphérique et que la quantité dont leur enveloppe surpasse celle de ce grain, est égale au carré du rayon du trou du grenoir, multiplié par un cofficient constant pour tous les grains anguleux de même figure, et variable avec toutes les formes que l'on peut supposer à ces grains. En représentant par c ce coefficient et $S - S'$ par d on a en général;

$$d = c\,R^2.$$

d'où il suit que pour deux grains anguleux différens et le même grenoir $d : d' :: c : c'$.

et pour deux grains anguleux de même espèce et des grenoirs de divers calibres $d : d' :: R^2 : R'^2$.

23. Donc, lorsque l'on donne moins de grosseur aux grains de la poudre ronde et de la poudre anguleuse, la différence des surfaces de ces grains diminue dans le rapport des carrés des rayons des trous du grenoir, et s'affaiblit d'une manière remarquable dans les poudres fines particulièrement.

24. En jettant un coup-d'œil sur ce qui précède, on voit que les parties extrêmes sont plus éloignées les unes des autres dans tous les grains anguleux que dans le grain sphérique; car on a pour la distance qui sépare ces parties dans le grain cylindrique terminé par deux cônes égaux (21):

$$\theta = (2.\,21)\,R.$$

et pour le grain cylindrique on obtient de même:

$$\theta' = (2.\,40)\,R.$$

or ces quantités θ et θ' sont plus grandes que $2\,R$, la hauteur H seulement et l'apothème H' dans les autres grains anguleux surpassent également ce diamètre. On voit aussi, que plus la distance qu'il y a entre les points extrêmes des grains anguleux est considérable, plus ces grains ont de surface : par exemple :

1°. Cette distance θ' dans le grain cylindrique est plus grande que $2\,R$, et la surface de ce grain a pour expression

$$S = (14.\,65)\,R^2 > S' = (12.\,56)\,R^2.$$

2°. Pour le grain prismatique dont la base est un triangle rectangle, on a en général :

$$H = \frac{4\,\pi\,R}{3\,h}.$$

et

$$S = 2\,R\,h + 2\,R\,H + c\,H\,t\,c'\,H.$$

quand h diminue H augmente, et lorsque l'on donne à c et à c' leurs valeurs correspondant à celles de h, on a, pour chacun des primes que ces valeurs déterminent, une surface qui est d'autant plus considérable que h est plus petite ou que la hauteur H est plus élevée; enfin quand $h = o$, $H = \infty$ et la surface S du prisme est infiniment plus grande.

3°. Le grain cylindrique et le grain demi-cylindrique ont pour hauteur

l'un $H = (1.33)\,R$.

l'autre $H = (2.66)\,R$.

or la surface du 1er $S = (14.65)\,R^2$. et celle du 2e $S = (16.74)\,R^2$. donc pour ces deux grains les surfaces diffèrent aussi comme les hauteurs.

25. Les grains tronc-coniques, à demi-tronc-coniques et les grains anguleux de chaque espèce, considérés sons ces divers aspects, font voir que la propriété qu'on vient de recounaître aux surfaces des grains ci-dessus a lieu pour tous les grains simples formés de parties régulières, à surface courbe, ou à surface plane, ou d'une enveloppe composée à la fois de ces deux surfaces; elle se manifeste encore lorsque l'on compare le grain sphérique au grain de la forme d'un cylindre terminé par deux cônes égaux (21); donc elle existe de même quand ce grain a ses extrémités saillantes arrondies et qu'il a à peu près la figure ovoïde allongée, que présentent le plus généralement les grains anguleux; donc, par analogie, elle a lien également pour tous ces grains quels qu'ils soient. En effet, plus nn corps s'étend, moins il renferme de mollécules dans son intèrieur, et à la limite de son extension toutes ses mollécules sont à déconvert; donc il y a plus de surface et surtout dans l'état des choses de la qnestion, où l'on a égard non seulement à la surface supérieure, mais encore à celle qui est en dessous et sur les côtés. Soit un grain sphérique d'un millimètre de diamètre. Supposons qu'en l'applatissant on l'étende à un décimillimère d'épaisseur, et qu'on demande l'expression de la surface qu'il présentera dans ce nouvel état, pour la comparer à celle qn'il avait d'abord. On pourra le considérer avant son applatissement comme formé de cinq enveloppes sphériques, ayant chacune un décimillimètre d'épaisseur, et, en les développant, la surface demandée sera celle

de cinq sphères qui auront pour rayon la 1re... 5 déci-millimètres
2e... 4
3e... 3
4e... 2
5e... 1

La 1re sphère aura pour surface $4 \pi R^2 = 314,00$
2e..... 200,96
3e..... 113,04
4e..... 48,24
5e..... 12,56

Le total de la surface supérieure sera donc de..... 688,80 *idem.*

Par conséquent la surface que le grain applati présentera au milieu des flammes, s'élévera au moins au double de cette quantité ou à..... 1377,60 *idem.*

Tandis que celle qu'il a sous la forme d'une sphère, n'est que de..... 314,00

Ce qui donne une différence de..... 1063,60

Mais l'expérience prouve que les grains anguleux équivalens au grain sphérique, ne peuvent passer dans tous les sens à travers les trous du grenoir ; donc ils ont une dimension plus grande que le diamètre de ces trous, ce qui confirme l'exactitude du calcul que nous avons fait pour avoir les dimensions des grains de chaque espèce.

26. Donc, enfin, le grain anguleux a plus de surface que le grain sphérique sous le même poids.

27. D'où il résulte que lorsque le diamètre de la lumière du fusil d'infanterie sert comme avant 1818, à déterminer la plus grande dimension de l'épaisseur des grains anguleux et le rayon des grains sphériques, la poudre anguleuse à poids égal, offre plus de surface que la poudre ronde, à l'étincelle de la pierre et de la batterie; donc elle est plus inflammable au bassinet; les facettes qu'elle présente à cette étincelle favorisent d'ailleurs son inflammation, elles la retiennent en quelque sorte, elles en absorbent toute la chaleur et s'allument plus facilement, surtout lorsqu'elles se trouvent perpendiculaires à sa ligne de projection. Dans ce cas cette même étincelle se concentre entière-

ment sur ces facettes, elle les échauffe et les embrase en un instant, tandis qu'elle glisse sur les grains sphériques, quelle que soit sa direction normale ou inclinée, et se perd, lorsque ces grains ont une certaine grosseur, dans les vides qu'ils laissent entre eux, sans produire aucun effet, parce qu'elle effleure légèrement les grains sur lesquels elle tombe, parce qu'elle pénètre dans leurs interstices, lorsqu'ils sont considérables, sans toucher les grains adjacens ni les grains inférieurs, et parce qu'enfin elle s'éteint dans ces vides en cédant à l'air qui s'y trouve le calorique qu'elle renferme, ce qui a lieu particulièrement lors qu'elle n'est pas assez forte pour être resserrée entre les grains supérieurs ou pour arriver jusqu'aux grains qui sont au dessous du vide où elle est projettée. Les expériences de Rumford que nous avons rapportées (95 1er cah.) font apprécier l'influence de l'air froid sur les corps enflammés et servent encore de preuves à cette assertion.

28. Mais quand on donne moins de grosseur aux grains de la poudre ronde, on retrécit les vides qu'ils forment; ces vides, lors qu'ils sont petits, nuisent moins, d'après ce que nous venons de dire, à l'inflammation de l'amorce, ils contribuent même à la rendre plus vive. L'étincelle est comme la flamme; elle a plus d'effet sur les corps placés sur sa direction ou qui la resserrent dans son passage, que sur ceux qui ne lui sont que tangens. La flamme de la lampe de l'émailleur met en fusion les objets de verre sur lesquels elle est dirigée ou entre lesquels elle passe difficilement et laisse intacts ceux qu'elle ne fait qu'effleurer. La lumière d'un flambeau brûle le doigt quand on le met au-dessus et on la sent à peine quand on le place près d'elle de côté à la même distance; or lorsque les vides de la poudre ronde sont de petites dimensions, ils contiennent moins d'air, l'étincelle qui y est jettée y consomme moins de calorique pour échauffer ce fluide, elle se concentre entre les grains supérieurs et pénètre jusqu'aux grains les plus bas sur lesquels elle se dirige; tandis que, lorsque les grains sont gros, elle entre sans obstacle dans leurs interstices et ne parvient pas jusqu'aux grains inférieurs; elle atteint donc plus souvent les petits grains et agit sur eux avec plus d'intensité, donc elle les fait entrer plus fréquemment en combustion. Les petits grains sphériques ont du reste plus de surface que les gros (42 1er cah.) sous le même poids, ils ont aussi moins de volume (60 1er cah.), le bassinet en contient davantage; donc par cette double cause, la

poudre ronde présente plus de prise à l'étincelle, et est encore sous ce rapport plus inflammable au bassinet lorsqu'elle est fine que lorsqu'elle est grosse.

29. Ainsi peu importe le point où l'étincelle tombe sur la poudre ronde lorsque ses grains sont assez petits pour la resserrer entr'eux, l'amorce s'enflamme; il en est de même de la poudre fine à grains anguleux; mais lorsque les grains sont gros, toutes les chances sont contre la poudre ronde, et l'étincelle qui n'est point assez forte pour la faire brûler peut encore facilement enflammer la poudre anguleuse, en tombant sur l'une de ses facettes dans une direction perpendiculaire ou peu inclinée. Donc en diminuant le diamètre des grains de la poudre ronde, on donne à cette poudre des propriétés qui se rapprochent de celles de la poudre anguleuse et qui peuvent même les surpasser à grains inégaux; car l'étincelle s'éteint sans produire d'effet dans les interstices des gros grains anguleux comme dans ceux des grains sphériques d'un grand rayon.

30. Donc en diminuant le diamètre des trous du crible de réception on peut faire une poudre ronde aussi inflammable et même plus vive au bassinet qu'une poudre anguleuse donnée; principalement lorsque cette dernière a des grains d'une grosseur assez considérable, comme était celle des grains de la poudre de guerre avant 1818. Quand on donne en même temps moins de grosseur aux grains sphériques et aux grains anguleux, on rend moins sensible la supériorité que la poudre anguleuse a sur la poudre ronde dans le bassinet à grains équivalens; effectivement le grain anguleux s'arrondit, la différence de sa surface avec celle du grain sphérique, en supposant même qu'il ne change pas de forme, va successivement en décroissant comme les carrés des rayons des trous des grenoirs (22. 2e cah.); or les grains anguleux et les grains sphériques ont le même volume par hypothèses, donc plus ils sont petits, moins ils diffèrent les uns des autres et plus ils sont susceptibles de jouir des mêmes propriétés. La poudre ronde et la poudre anguleuse, quand on diminue la grosseur de leurs grains, s'approchent donc rapidement de l'état de pulverin où elles sont semblables et de même qualité; mais pour les rendre également inflammables au bassinet, il n'est pas nécessaire de les réduire à cet état; il suffit que leurs grains soient assez petits pour resserrer et concentrer entr'eux l'étincelle de la pierre et de la

batterie. Donc, lorsque ces poudres sont fines et de matière identique, elles donnent à peu près le même nombre de ratés; vérité qui nous paraît démontrée et qui un jour, lorsqu'elle sera généralement reconnue, contribuera au perfectionnement de la poudre. Elle prouve que si, par un des procédés en usage, on fait une poudre ronde et fine moins vive au bassinet qu'une poudre anguleuse de grains de même grosseur ou plus gros que ceux de cette poudre, on ne doit point en attribuer la cause à la sphéricité des grains, mais au procédé employé qui change la matière dans chacun d'eux, et que par conséquent, il faut perfectionner ce procédé ou surveiller la fabrication de manière à obtenir des grains sphériques qui soient d'une substance entièrement pareille à celle des grains anguleux, de même dosage, de la même intimité de mélange, du même degré de porosité et de siccité, et qui ne diffèrent enfin de ces grains que par la forme.

31. Les vides qui existent entre les grains sphériques sont plus uniformes que ceux qui se trouvent entre les grains anguleux; ils rendent la combustion de la poudre ronde plus régulière que celle de la poudre anguleuse, et ses portées plus uniformes, il y a même dans cette dernière poudre des interstices qui sont presque nuls; ce qui arrive lorsque les grains anguleux ont des faces communes qui se touchent, le passage de la flamme comburante est obstrué dans les parties où ces particularités se présentent, la poudre anguleuse met ainsi plus de temps à se consumer que la poudre ronde. On est conduit à une conséquence semblable en supposant même que la combustion des grains se fasse, comme celle du pulverin et des mottes, par couches successives et par le seul contact; sous le même volume, la sphère est de tous les corps, celui dont la distance qui sépare les points extérieurs est la plus petite (24 et 25. 2e cah.). Par exemple pour le grain cylindrique, cette dimension est égale à (2,04) R. Le feu a donc plus de chemin à parcourir d'une extrémité à l'autre dans ce grain que dans le grain sphérique; or on fait de pareilles remarques en comparant ainsi le grain anguleux sous toutes les formes possibles au grain sphérique, donc ce dernier brûle plus vite que le 1er; conséquemment dans une traînée de poudre, soit que les grains se consument successivement en s'enflammant par leurs points de contact, soit que la flamme comburante les embrase, comme

l'indique notre théorie, la poudre ronde brûle plus rapidement que la poudre anguleuse.

32. L'expérience vient à l'appui de ce raisonnement. La poudre ronde a constamment donné plus de portée que la poudre anguleuse dans les épreuves faites en l'an IV à La Fère, et en l'an VI, à Vincennes, avec les bouches à feu de tous les calibres et au dosage ordinaire. Elle n'a été inférieure à cette poudre dans les épreuves de 1814, que parce que ses grains avaient acquis une densité considérable par un dessèchement très-rapide; d'ailleurs d'après le calcul de la plus grande dimension (24 et 25. 2e cah.) et de la surface des grains, il est évident que les parties du mélange de leurs principes constituans sont plus rapprochées les unes des autres, ou plus concentrées dans le grain sphérique que dans le grain anguleux; puisque la distance qui sépare leurs molécules extrêmes est plus petite, et que la surface qui les enveloppe, est moins grande dans le premier grain que dans le second; donc leur explosion doit produire plus d'effet. Lorsqu'on met le feu à 100 livres de poudre réunies dans un baril, elles détonnent violemment et forment des gaz qui ont une force expansive extraornaire; tandis qu'elles brûlent presque sans bruit et sans énergie, lorsqu'elles sont disséminées en traînées d'une longueur considérable.

33. Cependant nous avons fait voir que la poudre ronde est moins inflammable au bassinet que la poudre anguleuse, lorsque les dimensions des grains sont déterminées par celles de la lumière d'un fusil d'infanterie, comme elles l'étaient sous le régime impérial; nous sommes donc conduits, dans ce cas particulier, à conclure que la poudre qui est la moins inflammable est celle qui a le plus d'énergie; ce qui paraît contradictoire. Cette conséquence est cependant vraie. On s'en aperçoit, surtout lorsqu'on compare le pulverin avec la poudre, car l'expérience prouve que le pulverin donne moins de ratés, et a moins de force que la poudre. Ce paradoxe apparent s'explique clairement à l'aide des principes que nous avons établis. Le pulverin ne présente aucun des vides sensibles qui accélèrent la combustion de la poudre (50. 1er cah.), il offre plus de surface à l'étincelle de la pierre et de la batterie (42 et 44. 1er cah.), ses molécules en absorbent presque tout le calorique, elles s'échauffent et s'enflamment plus facilement; mais lorsque la flamme

comburante paraît, elle ne trouve point d'interstices assez grands pour pénétrer dans le pulverin, et y porter l'incendie, comme elle le fait dans la poudre à travers les vides qui sont entre ses grains, la masse du pulverin se consume alors par couches successives et moins rapidement (34. 1er cah.) Des effets semblables doivent avoir lieu dans la poudre anguleuse et dans la poudre ronde; car on y voit à peu près les mêmes causes : la poudre anguleuse présente plus de surface à l'étincelle de la pierre et de la batterie, plus d'obstacles à la flamme comburante que la poudre ronde; donc elle est moins forte quoiqu'elle soit plus inflammable. Ainsi les conséquences que l'on déduit de notre théorie de l'inflammation et de la combustion de la poudre s'accordent avec l'expérience. Or, à grains équivalens, la poudre anguleuse a plus de surface que la poudre ronde (25 et 26. 2e cah.); par conséquent elle attire davantage l'humidité de l'air, elle se détériore plus promptement, elle conserve moins longtemps son degré de force; elle devient d'autant plus sujette à donner des résultats anomaux, que l'arrangement de ses grains est irrégulier; ce qui la rend plus susceptible de se tasser différemment (106. 1er cah.), de changer de volume et, par conséquent, de force (101, 102, 103 et 104. 1er cah.); d'où il résulte aussi qu'il est plus difficile d'estimer exactement sa densité; elle est en outre plus altérable dans les transports, à cause de la forme de ses grains qui tendent sans cesse à s'arrondir. Elle forme en route un poussier qui se perd, et qui, passant à travers les assemblages des caissons, cause des accidens graves.

34. Donc, sous ces rapports, il est plus avantageux de fabriquer la poudre en grains sphériques que de la faire en grains anguleux; cependant la poudre ronde donnerait plus de ratés si ses grains devaient être gros pour qu'elle ait plus de force; mais, au contraire, pour qu'elle jouisse de cette dernière propriété, d'après la solution de la 1re question, il faut que ses grains soient petits, et, lorsqu'elle est fine, elle est aussi inflammable au bassinet que la poudre anguleuse (29. 2e cah.), et elle conserve sur cette poudre la supériorité des portées que nous venons de lui reconnaître; donc le grain sphérique est préférable au grain anguleux.

35. L'expérience prouve en outre que le pulverin de la poudre ronde de Berne a moins de force que celui de la poudre anguleuse

de France; cependant cette dernière poudre, telle qu'on la fabriquait sous le régime impérial, a moins de portée que la 1re; on peut donc attribuer son infériorité à la forme de ses grains, puisque son dosage est meilleur; il en est de même de la poudre anglaise et de celle de M. Champy, comparées sous ces deux états à notre ancienne poudre anguleuse à grains d'une seule grosseur. Ces trois espèces de poudre ronde sont fabriquées par des procédés différens les uns des autres; cependant elles conservent leur supériorité; si elles ne la devaient point à la forme de leurs grains, il faudrait en conclure que notre mode de mélanger les principes constituans est le plus mauvais, mais il n'en est point ainsi. Le pulverin brûle par couches successives comme chaque grain, ou comme les mottes ou galettes après l'essorage (32 et 34. 1er cah.) Donc, puisqu'il a plus de force lorsqu'il provient de la poudre de France, que lorsqu'il est formé de la poudre de Berne, le mélange des trois matières qui composent chacun de ses petits grains est mieux fait dans nos poudreries que dans celles de la Suisse, et notre procédé meilleur ou du moins mieux employé, puisqu'il ne diffère de celui de Berne que par la granulation, les moulins à pilons étant communs aux deux procédés. La manière de se servir de ces moulins est la même dans les deux pays; donc notre dosage est préférable, comme on l'a reconnu; donc la supériorité de la poudre de Berne sur celle de France, à grains équivalens, ne tient point au dosage ni au procédé en usage pour opérer son mélange, mais au mode qu'on emploie pour la grener et à la forme de ses grains. En diminuant la grosseur du grain anguleux, on rendrait moins sensible la différence de force qui existe entre ces deux espèces de poudre, d'après ce que nous avons démontré.

36. Donc enfin il faut faire le grain sphérique, puisqu'il doit être petit. *Solution de la 2e question.*

TROISIÈME QUESTION.

37. *Quel diamètre convient-il de donner aux trous des grenoirs?*

38. Avec le mélange actuel, le grain le plus petit qu'on puisse imaginer est celui qui renfermerait les molécules des principes constituans dans les moindres proportions du dosage; de manière que, pour atteindre cette limite, il

faudrait pousser la division des galettes jusqu'à ce qu'on ait un grain qui contiendrait seulement 6 molécules de salpêtre, formant les $\frac{6}{8}$ de son poids, et $\frac{1}{8}$ de soufre et $\frac{1}{8}$ de charbon; mais les grains, dans cet état, seraient sans doute si petits qu'ils ne laisseraient peut-être pas entre eux les vides nécessaires pour accélérer leur inflammation. Nos procédés de granulation pourraient, en outre, ne pas convenir à cette manière de grener. Quoi qu'il en soit, nous observons que la poudre de mousqueterie a des grains dont la grosseur varie depuis 5 jusqu'à 11 décimillimètres; qu'elle donne plus de recul et plus de portée que la grosse poudre, grenée entre les limites de 15 à 25 décimillimètres, d'après les dernières expériences, dans lesquelles on a tiré plus de 1200 coups avec chaque espèce de poudre. Conséquemment les vides qui existent entre les grains de la poudre de mousqueterie sont encore assez considérables, pour que la flamme comburante les parcourre avec la plus grande célérité; ce qui n'arrive point lorsqu'ils sont réduits en pulvérin; donc il faut faire les grains sphériques de la grosseur des petits grains de cette poudre.

39. La poudre ronde que l'on obtiendra ainsi, aura encore l'avantage d'être plus inflammable au bassinet que la poudre de mousqueterie (30. 2e cah.).

40. Donc les trous du grenoir doivent avoir un diamètre de 5 décimillimètres seulement, ou de 8 décimillimètres au plus terme moyen entre les divers diamètres qu'ils ont pour la poudre de mousqueterie. *Solution de la 3e question.*

41. On pourrait donner aux grains sphériques le moins de grosseur possible sans diminuer leur force; la poudre fine et la poudre superfine prouvent évidemment, par la rapidité de leur combustion, que la vitesse de la flamme comburante ne serait point ralentie.

QUATRIÈME QUESTION.

42. *Quelle que soit la forme du grain, avec le dosage adopté et l'intimité de mélange qu'on donne à la matière dans les poudreries, faut-il fabriquer 2 espèces de poudre, l'une à petits grains pour le feu de mousqueterie, et l'autre à gros grains pour les canons en particulier et toutes les bouches à feu en général?*

43. Pour parvenir à la solution de cette question, considérons

les motifs qui ont fait adopter la diversité des grains, et afin constater ou d'infirmer leur validité, examinons si la grosse poudre et la poudre fine conviennent ou sont impropres aux destinations qu'on leur a données, enfin si en général il est utile ou désavantageux pour le tir des armes à feu, d'avoir ces deux espèces de poudre, ou l'une d'elle seulement dans les divisions et dans les parcs, dans les places et sur les côtes; pour procéder avec ordre, traitons sous ces rapports, premièrement des poudres rondes, et deuxièmement des poudres anguleuses.

Des poudres rondes.

44. Pour mesurer l'effet de la grosse poudre et de la poudre fine, on s'est d'abord servi de petites éprouvettes ou d'armes de même espèce que le fusil. Ces éprouvettes ont fait connaître que la poudre fine avait plus de force dans les armes à feu portatives que la poudre à gros grains. On a comparé ensuite ces 2 poudres dans l'éprouvette-mortier dont l'emploi est prescrit par les règlemens. La première a projetté constamment le globe de cette éprouvette plus loin que la seconde; d'où l'on a conclu qu'il fallait une poudre à gros grains pour le canon et une poudre à petits grains pour les feux de mousqueterie, d'autant plus que cette dernière donnait moins de ratés. On a érigé cette induction en principe et il a été décidé qu'on fabriquerait deux espèces de poudre de guerre.

45. Tout récemment encore l'expérience a fourni des résultats qui ont paru être de nouveaux motifs pour maintenir cette décision. Voici ce qui a été exécuté l'année dernière à la poudrerie du Bouchet : M. Lefèvre, lieutenant-colonel d'artillerie, qui dirige avec distinction les travaux de cette poudrerie, voulant jetter quelque jour sur l'objet de la question proposée, a fait faire sur un tracé particulier une éprouvette à bilboquet en bronze, et de 29 millimètres d'épaisseur à la chambre; le globe était en fonte de fer, du poids de 535 décagrammes, et d'un diamètre de 113 millimètres; il s'appliquait exactement sur son logement, les deux surfaces, l'une convexe et l'autre concave, coïncidaient parfaitement et ne laissaient entr'elles aucun vide sensible. La chambre était cylindrique; elle avait 19 centimètres de hauteur, et 25 millimètres de diamètre. La poudre ronde provenant d'une même opération a été divisée

en 5 grosseurs, et on a trouvé que les volumes correspondans étaient entr'eux ainsi qu'il suit :

Grosseur.	*Volume.*	*Observations.*
N° 1. Grain plus gros que celui de la poudre à canon.	74	Celui de l'eau étant 60.
N° 2. Grain de la poudre à canon.....	73	Dosage.
N° 3. *Id.* à fusil.....	73	75 parties de salpêtre.
N° 4. Grain plus fin que le précédent.....	73	16 de charbon.
N° 5. *Id.* encore plus fin..	72	9 de soufre.

la chambre de l'éprouvette contenait 92 grammes de la poudre du n° 1. On a procédé à l'épreuve en la remplissant à chaque coup sans peser la poudre, on a obtenu les résultats suivans :

la poudre du n° 1 a projetté le globe à.....	93 m	50 cent.
..... 2	89	»
..... 3	78	»
..... 4	86	»
..... 5	84	»

on a pensé que quelque chose d'inapperçu a influé sur la portée n° 3. On a recommencé l'épreuve pour ces 5 espèces de poudre ; mais on n'a pu la terminer. Au second coup de la poudre du n° 1, ou au premier coup de la deuxième série, l'éprouvette a éclaté. Un morceau considérable s'est détaché au-dessous de la lumière et a passé près de M. le lieutenant-colonel Lefevre qui a failli périr victime de son zèle.

46. Cependant les termes de la première série de ces épreuves suffisent pour nous montrer que, dans l'état de choses considéré, la poudre fine donne moins de portée à l'éprouvette-bilboquet, que la grosse poudre. L'expérience a prouvé aussi que cette dernière poudre lance plus loin le globe de l'éprouvette-mortier. On est donc porté à adopter l'opinion généralement reçue que le principe établi est vrai, et qu'il est effectivement avantageux sous le rapport des portées de fabriquer deux sortes de poudre de guerre, l'une pour les armes à feu portatives, et l'autre pour le canon. Voyons jusqu'à quel point cette opinion est fondée.

47. Dans l'éprouvette-mortier, les 2 poudres sont comparées sous le même poids, et dans l'éprouvette bilboquet sous le même volume. Examinons ces deux cas l'un après l'autre.

48. Dans l'éprouvette-mortier, en supposant que la poudre fine et la grosse poudre se consument sous le globe, et qu'elles lui communiquent toute la vitesse possible, et en mettant la première poudre en parallèle avec la seconde, nous observons qu'elle a moins de volume, moins de surface enveloppante, qu'elle laisse plus d'espace vide dans la chambre, et enfin qu'elle a moins de portée; cependant on a démontré que généralement elle a plus de force (104, 1er cah.). D'où provient donc cette anomalie? elle doit dépendre des différences observées; car s'il y avait identité dans l'éprouvette, elle n'existerait pas; or la diminution du volume et de la surface enveloppante ne peut la produire, puisqu'elle accélère la combustion (97, 101 et 102. 1er cah.); l'augmentation du vide sous le globe est la seule des trois différences remarquées, qui peut n'être pas en faveur de la poudre fine, elle est donc la cause qui diminue l'énergie de cette poudre.

49. Les expériences d'Auxonne, dont le tableau comparatif est ci-après, de même que celles de 1815 (aide-mémoire, 5e édit., p. 673), rendent cette vérité évidente : elles prouvent que lorsqu'on fait disparaître le vide qui est au-dessous de la charge, ou lorsqu'on le remplit de bouchons de paille, on augmente de beaucoup la distance où le projectile est lancé; elles prouvent aussi qu'en général, moins il y a d'espace plein d'air ou de corps compressibles entre la charge et la bombe, plus la portée est grande. On conçoit d'ailleurs que plus cet espace diminue, moins les gaz occupent de place, moins ils sont dilatés, plus ils sont concentrés dans l'instant où la bombe s'oppose à leur dégagement; par conséquent, plus ils ont de force pour la chasser. Si dans l'éprouvette-mortier, par exemple, le globe bouchait l'âme hermétiquement, et s'il pouvait par sa pésanteur et celle de l'atmosphère comprimer les gaz et les tenir renfermés dans la chambre, plus il serait près du fond de l'âme, plus l'effort qu'il aurait à vaincre serait grand, et plus son poids devrait être considérable; c'est par suite de la même cause que, dans un canon en général, plus le projectile est éloigné de la charge, moins il y a de vîtesse initiale; et comme en s'éloignant de la poudre, il se rapproche de la volée, il est soumis pendant

moins de temps à l'action des gaz qui le chassent après l'explosion de la charge, il perd donc encore de cette manière une partie de sa quantité de mouvement. Ainsi de ce que la poudre fine a moins d'énergie dans l'éprouvette-mortier que la poudre à gros grains, on doit seulement conclure que la force qu'elle acquiert par la diminution de la grosseur de ses grains est plus petite que celle que lui enlève la plus grande quantité de vide qu'elle forme sous le globe.

50. Quand la poudre brûle lentement et ne se consume point dans l'ame de la bouche à feu, ou quand le poids de la charge est tel qu'une partie des grains est projettée sur la plate-forme, ou ne s'enflamme qu'en sortant de la pièce, la portée est quelquefois plus petite lorsqu'il y a moins d'espace non rempli au-dessous de la poudre que lorsqu'il y en a davantage, parce que dans ce cas, l'effet de la charge est moins augmenté par la diminution de cet espace qu'il n'est affaibli par la perte des grains qui ne brûlent point dans la bouche à feu. Quand ces deux causes se compensent, le projectile est lancé à la même distance, quoique le vide qui le sépare de la poudre soit moins considérable.

51. Pour lancer un projectile le plus loin possible avec une charge déterminée, il faut employer la poudre qui se consume le plus rapidement, et donner à la pièce une longueur d'ame qui permette à la charge de brûler entièrement dans l'intérieur de la bouche à feu, et d'imprimer au projectile une vîtesse égale à celle du courant des gaz qui se forment pendant sa combustion.

52. TABLEAU COMPARATIF

des épreuves faites à l'école d'Auxonne, sur le tir des bombes de 2233 décimil. (8 pouces 3 lignes), avec un canon de 24 coupé à différentes longueurs, et incliné à 44 gr. (40°). La charge était mise dans une gargousse de papier au fond de l'âme, sans être refoulée, mais seulement pressée; en général, on plaçait pardessus un bouchon qu'on refoulait d'un seul coup. On a tiré aussi la pièce en la remplissant de bouchons, qu'on refoulait de quatre en quatre de deux coups bien égaux : les bouchons étaient de paille. La poudre lançait le globe de l'éprouvette-mortier à 202 m. (104 t.). Les bombes étaient, autant que possible, de même diamètre, et on les avait réduites au même poids de 215 décagr. (44 liv.), en introduisant de la terre dans leur intérieur.

LONGUEUR DE L'AME DU CANON.							
6 pieds - - 9 pouces.		6 pieds — 4 pouces.		4 p. - 0 po. - 9 l. - 10 p°.		2 pi. - 5 po. - 10 l. - 3 p°.	
Charges.	Portees.	Charges.	Portées.	Charges.	portees.	Cbarges.	Portées.
13 septembre 1784.		13 septembre 1764.		16 août 1786.		24 août 1786.	
2 livres.	68 toises.	2 livres.	80 toises.	2 livres.	71 toises.	2 livres.	61 toises.
«	«	«	«	2	62.....	2.....	55
«	«	«	«	2°.....	83 1/2....	2°.....	104
3.....	117.....	3.....	102.....	3.....	110.....	3.....	135
«	«	«	«	3.....	113.....	3.....	128
«	«	«	«	3°.....	134.....	3°.....	147
4.....	162.....	4.....	146.....	4.....	149.....	4.....	179
«	«	«	«	4.....	159.	4.....	186
«	«	«	«	4°.....	214.....	4°.....	221
9 septembre 1784.		10 août 1786.		17 août 1786.		24 août 1786.	
5 livres.	170 toises.	5 livres	201 toises.	5 livres.	229 toises.	5 livres.	253 toises.
«	«	5.....	190.....	5.....	223 1/2....	5.....	262
«	«	6 1/2...	260.....	6 1/2....	290.....	6 1/2....	326
«	«	6 1/2...	281.....	6 1/2....	291.....	6 1/2....	370
«	«	6 1/2°..	339.....	6 1/2°...	356.....	6 1/2°....	374
«	«	6 1/2°..	338.....	6 1/2°...	bombe cassée	6 1/2°....	380 1/2
8.....	282 1/2	6.....	310.....	6.....	398.....	8.....	431
«	«	8.....	354.....	8.....	392.....	8.....	421
7.....	267	«	«	bombe de 10 pouces 1 ligne 6 points.			
7°	376	«	«	8 livres	176 1/2 toises	8 livres.	206 toises.
«	«	«	«	«	«	bombe de	12 pouces.
						8 livres.	160 toises.

53. *Nota.* Les charges marquées d'un astérique sont celles avec lesquelles on a tiré la pièce remplie de bouchons de paille refoulés de 4 en 4 de 2 coups de refouloir.

54. Pour plus de véracité on a transcrit ce tableau tel qu'il a été dressé en 1786. Les anomalies qu'il présente pour quelques charges tiennent à cette vérité de pratique et de théorie, que pour juger de l'effet d'une cause par les portées, il faut avoir le plus de résultats possible, surtout quand cette cause exerce moins d'influence que la non identité des circonstances ordinaires du tir d'une même pièce. Dans ce cas les résultats pris deux à deux et séparément sont souvent contradictoires, et ils ne font voir clairement l'effet cherché, que lorsque leur nombre est considérable et qu'on les considère dans leur ensemble, comme nous l'avons fait.

55. L'éprouvette qui a servi aux épreuves du Bouchet, ayant

une chambre d'un petit diamètre, peut être rangée dans la classe des canons des armes à feu portatives; par conséquent, un fusil ou un mousquet, ou un petit canon de son calibre coupé à la même longueur d'ame et rempli de poudre, donnera les mêmes résultats; il lancera donc le projectile plus loin avec de la grosse poudre qu'avec de la poudre fine; or, les expériences du chevalier d'Arcy, de Hutton, et de la direction générale des poudres et salpêtres (105. 1er cah.), nous ont appris que le contraire a lieu dans une arme de cette espèce avec une longueur d'ame ordinaire. Quelle est donc la cause d'une pareille anomalie? Les deux poudres et l'arme ne changent point, les charges sont placées identiquement, la poudre fine ne peut être dans l'un des 2 cas plus vive à se consumer et dans l'autre moins combustible que la grosse poudre; les différences qu'on obtient dépendent donc de la manière dont elle agit sur le projectile et de la plus ou moins grande perte de gaz qui se fait pendant l'explosion des charges des 2 espèces de poudre.

56. Dans l'éprouvette-bilboquet, en tirant à chambre pleine, la poudre fine se trouve en plus grande quantité que la grosse poudre, puisqu'elle est d'un moindre volume; le surplus de la première poudre est chassé hors de la chambre ou il se consume sous le globe, selon le rapport qui existe entre le poids de ce globe et celui de la charge qui le projette. Or, d'après les expériences de Hutton, au-delà de la charge qui convient à chaque pièce, la poudre qu'on ajoute ne brûle point; elle forme une espèce de bouchon qui, comme le vide dans l'éprouvette-mortier, sépare le projectile des gaz formés et diminue la portée. (*Hutton, traduct. de Terquem*, 1re *part.*, p. 136, et 2e *part.*, p. 135.) La quantité de poudre fine qu'on met en plus dans l'éprouvette-bilboquet produit le même effet. Lorsqu'elle n'est pas consumée elle affaiblit l'impulsion que cette poudre devrait donner au globe, de manière que la portée est plus petite que lorsqu'on emploie la grosse poudre. Dans le cas, où le surplus de la poudre fine brûle sous le globe, et en supposant même que les deux charges de poudre différente soient de poids égal, la grosse poudre doit conserver sa supériorité sur la poudre fine dans l'éprouvette-bilboquet, quoiqu'elle ait moins de force; effectivement, la combustion de la poudre étant successive, une partie seulement de la charge s'enflamme d'abord et soulève le globe au-

dessus de la chambre d'une certaine quantité, la poudre restante brûle ensuite hors de l'éprouvette; elle agit sur le globe, lorsqu'il est soulevé, et elle lui imprime une nouvelle vîtesse en vertu de laquelle il est projetté à la distance donnée par l'expérience. Quand la capacité de la chambre est considérable et la charge trop forte proportionnellement au poids du projectile dans l'éprouvette-bilboquet, comme dans le mortier, la partie supérieure de la poudre ne se consume point, et est jètté en grains hors de la pièce sur la plate-forme.

57. Supposons que dans l'éprouvette-bilboquet, de M. le lieutenant colonel Lefévre, la poudre fine soit plus forte que la grosse poudre, comme notre théorie l'indique (104. 1er cah.), et admettons pour fixer les idées que les neuf dixièmes de la charge de grosse poudre s'enflamment dans la chambre et soulèvent le globe. Dans cet état de choses, le même poids de poudre fine soulevera ce projectile d'une plus grande quantité dans le même temps; puisque cette poudre brûle plus rapidement. Il se trouvera entre l'éprouvette et le globe un vent ou une distance plus considérable; l'effet produit par le dernier dixième de la charge de la poudre fine sera moins grand que celui exercé par le reste de la grosse poudre; car on sait que le vent en augmentant diminue de beaucoup la portée, et si cette cause a plus d'influence que celle de la granulation, le projectile éprouvera en totalité une impulsion moins forte et sera lancé moins loin. Cette conséquence tirée exclusivement du principe qu'on augmente la force de la poudre en diminuant la grosseur de ses grains, est conforme aux résultats des épreuves du Bouchet. Ainsi dans l'éprouvette-bilboquet, dont on s'est servi pour faire ces épreuves, les gaz qui s'échappent par le vent qui se forme entre le globe et son emplacement, diminuent l'effet de la poudre à petits grains sur le projectile, beaucoup plus que la granulation en fin n'augmente sa force. Dans le fusil, cette poudre doit au contraire être supérieure à la grosse poudre; parce que cette arme a une longueur d'ame qui donne à la charge le temps de se réduire entièrement en gaz, avant que la balle ne sorte du canon; le vent est le même pendant la combustion des deux charges et le projectile reçoit toutes les impulsions de chacune d'elles; donc il doit être chassé par la poudre fine plus loin que par la grosse poudre, ce qui s'accorde avec les épreuves du chevalier d'Arcy,

de Hutton et de la Direction générale des poudres et salpêtres. (105. 1er cah.)

58. Or, les différentes causes d'anomalie que nous venons de remarquer dans les éprouvettes mortier et à bilboquet n'existent pas dans les canons des divers calibres. Dans ces dernières bouches à feu, il n'y a point de chambre, point de vide formé entre la charge et le boulet; le projectile, comme dans le fusil, est soumis, avec le même vent, à toutes les impulsions successives de la charge; donc la poudre fine donne aussi aux canons plus de portée que la grosse poudre.

59. Nous avons vu en outre que des quatre circonstances qui rendent la traînée ou la charge de poudre fine plus prompte à brûler que celle de grosse poudre, deux dépendent exclusivement de sa longueur, savoir la diminution de l'espace à parcourir par la flamme comburante et l'augmentation de l'intensité de cette flamme (37, 93, 94, etc.; 102, 1er cah.); donc l'effet qui résulte de ces deux causes, et qui donne à la poudre fine une supériorité plus prononcée, augmente avec la différence des longueurs des deux charges comparées, et, par conséquent, avec le calibre du canon, lorsque ces charges sont au tiers du poids du boulet, et qu'elles brûlent dans leur emplacement, comme dans le canon d'épreuve du chevalier d'Arcy, et dans la lance. (24, 30 et 34. 1er cah.)

60. Lorsque les charges du poids adopté se consument dans l'intérieur de la bouche à feu en projettant vers la volée une partie de leurs grains enflammés, comme dans les canons en usage, la poudre fine a encore sur la grosse poudre la supériorité qu'on vient de lui reconnaître : la section circulaire de l'ame d'où les derniers gros grains du côté de la tranche sont projettés, est éloignée de celle d'où partent les petits grains correspondans d'une quantité qui croît avec le calibre du canon (82. 1er cah.); il s'ensuit que plus ce calibre augmente, et plus il y a de distance entre les 2 endroits de l'intérieur du canon où finit la combustion de ces deux espèces de grains ou des charges dont ils font partie; d'autant plus que les expériences de Rumford (32 et 95. 1er cah.) prouvent que les gros grains sont lancés plus loin que les petits; mais cette distance en augmentant rend ces derniers grains plus combustibles que les premiers (100. 1er cah.); donc l'avantage que la poudre fine a sur la grosse poudre dans le tir

des pièces avec les charges usitées, est plus grand dans les canons des calibres élevés que dans ceux des calibres inférieurs.

61. Ainsi en donnant plus de grosseur aux grains de la poudre en général, pour la rendre plus propre au tir des canons, on s'éloigne du but que l'on veut atteindre. Donc enfin, on ne devrait fabriquer qu'une seule poudre pour le canon et pour les feux de mousqueterie, et cette poudre devrait être fine. Les épreuves que nous avons citées (105. 1er cah.), et celles dont nous donnerons le rapport dans le cahier suivant confirment cette assertion qui est basée sur la plus ou moins grande combustibilité des grains.

62. On a fait voir que lorsqu'il y a entre la poudre et le projectile un espace vide ou plein de corps compressibles, la portée diminue et qu'elle est d'autant moins longue que cet espace est plus considérable (48 et 49. 1er cah.). En déterminant l'influence qu'exercent sur la force de la charge les différens corps que l'on peut interposer entre elle et le boulet, on parvient à 2 propositions qui sont d'une application utile dans la pratique et qui servent à fixer le choix des poudres.

63. Les bouchons qu'on emploie pour charger les canons des divers calibres dans les siéges et dans la défense des côtes, ne sont jamais de même poids, ni entièrement homogènes, ils ont dans l'ame de la pièce plus ou moins de longueur, et sont encore susceptibles d'être comprimés différemment, malgré la précaution de l'ordonnance qui prescrit aux 1ers servans de refouler 4 coups bien égaux; le boulet n'est pas toujours à la même distance de la poudre; il n'en est pas non plus constamment séparé par un corps identique pour tous les coups; donc lorsqu'on fait usage du bouchon sur la poudre les portées doivent varier. Les expériences de Woolwich donnent une nouvelle preuve de la justesse de cette conséquence. Hutton a trouvé, comme nous l'avons déjà dit (26, 1er cah.), que la vitesse augmente avec la charge jusqu'à une certaine limite, différente pour chaque pièce, et qu'ensuite elle diminue continuellement jusqu'à ce que l'ame soit entièrement remplie. (*Nouvel. exp. d'art. trad. de Terquem*, 2e partie, p. 136.) Or la vitesse n'est affaiblie que par la quantité de poudre qui se perd par le vent et par celle qui ne brûle point pendant que le boulet est dans la pièce, ainsi que l'expérience le constate; mais cette dernière quantité de poudre sépare le boulet des gaz qui le projettent et qui

sont formés lors de la combustion de la 1re partie de la charge; elle est remplacée par le bouchon lorsqu'on l'emploie, et puisqu'elle altère la vitesse, le bouchon doit produire le même effet, parce qu'étant sujet au tassement, comme la poudre, il peut de même être comprimé derrière le boulet et amortir le choc; donc il diminue les portées. Les épreuves faites pour avoir les cottes des enfoncemens des projectiles dans un bloc de bois d'orme rendent sensible cette vérité d'analogie; dans ces épreuves la pénétration moyenne s'est élevée à 204 dixièmes de pouce pour les boulets tirés sans bouchon; tandis que pour les boulets tirés avec bouchon elle n'a été que 194 dixièmes de la même unité. (*Exp. de Hutton, trad. de Villantroys*, 1re partie, pag. 126). De ce que le boulet perd une partie de sa vitesse, quand on augmente la quantité de poudre qui reste dans la pièce entre ce projectile et le fluide qui le met en mouvement, on conclut encore, qu'à charge égale, plus le bouchon est long et moins la portée est considérable. Les expériences du 10, du 17, du 18 et du 24 août 1786, et les conséquences que nous en avons déjà tirées (49. 2e cah.), mettent en évidence ce nouveau corollaire pour le tir des pièces de siége du plus fort calibre avec les charges de 979, 1468, 1958, 3181 et 3916 grammes (2, 3 et 4 liv., de 6 liv. ½ et de 8 liv.) et avec des bouchons d'une longueur de 60 centimètres (22 p° 6 lig.) et au-dessus, la hauteur des bouchons a augmenté dans le même rapport que la distance de la poudre à la tranche, et les portées ont constamment diminué. Avec la charge de 3181 grammes (6 liv. ½), par exemple, elles ont été de 728, 690 et 677 mètres (374, 356 et 339 toises. *Voyez le tableau comparatif du* § 52); donc Hutton a commis une erreur en avançant d'une manière absolue que les bouchons ne changent rien à la vitesse des boulets (*Tab. des mat. de son ouvrage*, 1re partie trad. de Villantroys, p. 1re, lig. 29.); on déduit de ses expériences même des preuves du contraire comme on l'a vu plus haut.

64. Par conséquent le bouchon de paille ou de foin que l'on met sur la poudre dans l'artillerie de siége, de place et de côte diminue les portées, il a en outre l'inconvénient de les changer à chaque coup; particulièrement lorsqu'il a peu de consistance et qu'il est d'une longueur assez considérable comme celle qu'on lui donne quand on l'emploie pour prolonger la durée des canons des calibres en usage. *Première Proposition.*

65. Les expériences de 1786 prouvent aussi que lorsque le corps que l'on met entre la poudre et le projectile est d'une matière solide, et semblable à celle de la paille, les portées sont plus longues que lorsqu'il est fluide comme l'air. (*Voyez dans le tableau du* § 52 *les nombres marqués d'un astérisque, ceux qui ne le sont pas, et les distances correspondantes*); donc, quand il sera de substance plus solide encore, les portées augmenteront davantage; mais s'il est facilement compressible, et si le vent n'en est pas obstrué, elles resteront au-dessous de ce qu'elles seraient si le projectile était placé immédiatement sur la poudre.

66. Ainsi, tout étant égal d'ailleurs, plus le corps interposé est solide et difficile à comprimer, moins est grande l'influence de l'espace qu'il occupe.

67. C'est en vertu de ce principe que, dans l'éprouvette mortier, les 1ers grains enflammés ont plus de force, sous la forme sphérique et sous le même poids, lorsqu'ils sont gros que lorsqu'ils sont fins : le corps qui se trouve, avant l'explosion, entre ces grains et le globe est hétérogène et composé de 2 parties, dont l'une est la poudre non brûlée et l'autre l'air qui séjourne au-dessus, il offre plus de résistance dans le 1er cas que dans le 2e, parce que la partie fluide dont il est formé est moins grande (60, 1er cah.); mais pendant que la poudre restante se consume il est homogène, car l'air a été chassé à travers le vent par suite de la détonnation des premiers grains, la charge agit alors avec le même avantage dans les deux cas, son action totale doit donc croître avec le diamètre des trous du grenoir, comme on l'a observé. Cet effet se fait sentir tant que la cause qui le produit n'est pas détruite ou surpassée par celle qui ralentit la combustion des grains et qui croît aussi avec leur calibre (100, 1er cah.).

68. Selon MM. Bottée et Riffault, dont les travaux ont contribué à améliorer les procédés qu'on suit dans les poudreries du royaume, la charge a plus d'énergie dans l'éprouvette-mortier lorsque le vide apparent qui a lieu dans la chambre est plus petit ou quand on le remplit de sciure de bois ou de particules de toute autre matière consistante (*Art de fabriquer la poudre*, p. 339 et 372). Or, cette assertion est un motif de plus en faveur de ce que nous venons de dire sur

cette éprouvette, et vient à l'appui du principe et de la proposition que nous avons établis; conséquemment lorsque dans les canons, la poudre est séparée du projectile par une substance suffisamment dure, d'une compression difficile et d'une homogénéité ordinaire, les vitesses ne sont pas sensiblement altérées : les gaz pour se dilater ont autant d'espace que lorsque le boulet touche à la gargousse, l'effort qu'ils exercent sur ce projectile n'est point affaibli et ne change pas.

69. Donc le sabot qui est un corps solide d'une dureté convenable n'ôte point à la charge une partie de son énergie, et ne contribue pas à augmenter le nombre des anomalies du tir des bouches à feu. *Deuxième proposition.*

70. On n'avait point encore reconnu les effets qui dépendaient de la nature du corps interposé : on pensait que le bouchon n'affaiblissait point l'action de la charge. Comme Hutton a accrédité cette opinion, il nous a paru important de prouver qu'elle est erronée. Les 2 propositions ci-dessus donnent les moyens de résoudre les questions relatives à l'emploi du sabot et du bouchon, à la diminution du vent et à la meilleure manière de charger les pièces tant pour prolonger leur durée que pour rendre leur tir plus exact.

71. Lorsqu'on se servait des lanternes pour introduire la poudre dans les canons de siége, de place et de côte, le bouchon rassemblait et maintenait la poudre dans son emplacement; mais il est inutile et nuit à la justesse du tir depuis que l'usage des gargousses a fait supprimer celui des lanternes; le bouchon devrait être rejeté avec d'autant plus de raison que souvent, en tirant à petites charges, il n'est pas chassé entièrement hors du canon; il est repoussé au fond de l'âme par l'écouvillon et il cause des accidens graves, lorsqu'il n'est pas parfaitement étouffé; il arrive aussi, quand il est entièrement éteint, qu'il bouche la lumière et que l'amorce ne communique point le feu à la charge, parce qu'on ne peut pas bien dégorger; mais en lui donnant plus ou moins de longueur, il empêche que le boulet ne soit à chaque coup à la même place; par conséquent il prolonge la durée des pièces, comme l'expérience le prouve. Or, le boulet n'altère particulièrement les canons que lorsqu'on les tire à forte charges, on devrait donc, dans ce cas seulement, mettre sur la poudre des bouchons de longueur diffé-

rente et les supprimer dans le tir à petites charges ou à ricochet qui est le plus fréquent dans les siéges et qui détériore moins l'ame des pièces. Dans cette espèce de tir le bouchon sur le boulet n'est d'aucune utilité, le canon étant incliné de la volée à la culasse, le projectile se maintient sur la charge par son propre poids; quelquefois ce dernier bouchon se divise en deux parties dont l'une est lancée hors de la batterie, et dont l'autre reste dans la pièce, en passant par le vent, et produit comme le bouchon qu'on met sur la poudre, les accidens que nous avons signalés.

72. Le sabot retient dans tous les cas le boulet à la place qu'il doit occuper; il augmente les portées et donne au tir plus de précision. Voyons si les éclats qu'il projette en avant de la pièce et si le surcroît de dépenses qu'on est obligé de faire pour se le procurer et l'unir au boulet, sont des motifs qui doivent en proscrire l'usage, comme on l'a prétendu et comme on le prétend encore, puisqu'il n'est employé que dans l'artillerie de campagne.

73. Dans l'attaque des places, on tire le canon à fortes charges, particulièrement lorsqu'on bat en brèche. A cette époque de l'attaque, comme on a besoin d'une grande régularité dans la manière de diriger les coups, pour former les bandes horizontales et verticales, le bouchon sur la poudre est encore nuisible. Le sabot au contraire serait avantageux; ses éclats ne peuvent causer aucun dommage aux assiégeans, et en lui donnant pour une même pièce des longueurs différentes, il prolongera beaucoup plus que ne le fait le bouchon la durée des bouches à feu, puisqu'il détruit les battemens de leurs projectiles, et qu'avec des dimensions constantes, il détériore bien moins leur ame. D'ailleurs, en l'adoptant, on augmentera les quantités de mouvement, ou on consommera moins de poudre; le boulet sortira du canon plus souvent sous le même angle et suivant la même ligne; les vitesses initiales seront moins variables et les coups plus certains. De tels avantages ne peuvent être contrebalancés, dans le tir en brèche, par les motifs allégués. La différence du prix du bouchon et du sabot, y compris les frais de l'ensabottage du boulet, sera plus que compensée par le plus de durée que l'on donnera aux canons. En effet, l'expérience a prouvé qu'en portant le projectile en avant de son logement au moyen d'un

bouchon plus ou moins long, on prolonge de 1,200 coups à boulets ensabottés et de 600 coups à boulets roulans, le service des pièces de siège, de place et de côte. (*Mémorial de l'artillerie*, page 51, tom. I.) En chargeant ces pièces comme nous l'indiquons, elles pourront tirer encore un plus grand nombre de coups; car elles ne seront point détériorées par les fouilles que forment les bouchons dans leur ame, et qui sont les plus prononcées. (*Expériences de Strasbourg*, en 1823 et 1824.) Leur tir ordinaire ne s'étend pas au-delà de 4 et 500 coups par pièce; par consequent le sabot double ou quadruple au moins leur durée, selon qu'il est de dimensions constantes ou de longueurs différentes. L'économie qui résultera du mode de chargement que nous proposons sera donc au minimum deux fois plus grande que celle que l'on obtiendrait avec le bouchon le plus avantageux. Conséquemment elle s'élèvera au-dessus de cette dernière à plus de 37 cent. par kilog. de métal, montant des frais de fabrication, abstraction faite des déchets qui contribueront encore à rendre plus considérable l'économie que nous évaluons. On aura ainsi, par exemple, un bénéfice de plus de 1,000 fr. par pièce de 24, ou de 40 cent. au moins par chacun des 2,400 coups que cette pièce pourra tirer; ce qui sera plus que suffisant pour couvrir le double des frais de l'ensabottage. On ne déboursera point d'ailleurs les sommes destinées à l'achat du foin ou de la paille nécessaires pour la confection des divers bouchons à placer sur les charges et sur les boulets, et on consommera moins de poudre, si l'on veut que la courbure de la trajectoire des projectiles ne soit point changée.

74. Le sabot de différentes longueurs peut servir aussi à conserver les pièces des premières batteries de siége et à rendre leurs coups plus assurés. Ces pièces étant destinées à ricocher les faces des bastions, des demi-lunes et des chemins couverts, ne sont point dirigées pendant le siége sur les boyaux de communication que l'on forme sur la capitale pour s'approcher de la place. Le sabot et ses éclats ne seront point lancés dans ces ouvrages; ils ne peuvent d'ailleurs parvenir jusqu'à la 2e parallèle; et sur les points où ils seront projetés, ce qui ne se présentera qu'accidentellement, on s'en garantira, si on le juge à propos, par des traverses d'un rang de gabions que l'on construira en arrière. Toutes les pièces de l'assiégant pourront donc jouir des

avantages que nous avons énumérés en parlant des batteries de brèche.

75. Dans les places, lorsqu'on tire avec les petites charges même, le sabot est chassé sur les glacis par les pièces des faces des bastions et des demi-lunes. Quand on tirera à ricochet des flancs et des courtines pour retarder la construction des premières batteries des assiégeans, il sera projetté sous des angles de 7 à 8 grades, il ne pourra tomber dans les fossés sur les assiégés qu'en vertu de son propre poids, et il ne les incommodera pas beaucoup plus que les bouchons qui sont jettés quelquefois tout enflammés au milieu d'eux. Les tenailles sont trop près, et les places d'armes saillantes trop loin de son point de départ pour qu'il puisse inquiéter leurs défenseurs; les places d'armes rentrantes et le chemin couvert sont en partie défilés par les demi-lunes, et il ne pourrait y arriver qu'à la fin de sa trajectoire, lorsqu'il est incapable de produire des effets dangereux. Les coups que l'on dirige de plein fouet sur les têtes de sappe, ne tourmenteront point l'assiégé, parcequ'ils partent en général des saillans, et que les fortes charges qu'on emploie pour atteindre l'ennemi directement, impriment au sabot une quantité de mouvement assez considérable pour le projetter hors de la place. Le commandement des ouvrages élève seul sa trajectoire d'une quantité suffisante pour remplir cet objet. Les lunettes et les flèches sont à une distance à laquelle il ne peut parvenir. Au reste, ce n'est particulièrement que lorsqu'on a abandonné les dehors, que l'on charge les pièces au tiers du poids du boulet et qu'on les pointe de but en blanc au-dessous de l'objet à battre sur les assiégeans ou sur leurs travaux; or à cette période du siège, le sabot ne pourra atteindre que l'ennemi. Ainsi les canons pour lesquels il est moins avantageux dans les premières époques de la défense, sont ceux qu'on place dans les bastions sur les prolongemens des fossés et du chemin couvert, et sur les extrémités de la courtine vis-à-vis les trouées des demi-lunes; mais ces bouches à feu sont destinées surtout à empêcher l'assaillant d'ouvrir la brèche et de livrer l'assaut; le sabot convient donc au rôle principal qu'elles doivent jouer. Par conséquent, en l'employant dans l'artillerie de place, il ne peut causer à l'assiégé aucun accident grave; son emploi ne présente pas non plus d'inconvénient dans les batteries de côte, il rend plus formidable le feu de ces batteries et celui des pièces de place et de

siège; donc il faut l'étendre aux canons de tous les calibres en usage.

76. Dans une ville forte, comme on peut fabriquer les sabots d'avance et les conserver avec soin, on les ferait éclater au sortir de la pièce lorsque les localités l'exigeraient, en formant dans leur intérieur un vide cylindique où l'on mettrait une légère quantité de poudre et qu'on fermerait avec une bourre de bois de même diamètre, forée suivant son axe d'un trou qu'on remplirait, comme celui des fusées des obus et des bombes, d'une composition d'une durée convenable. Quand ce moyen devrait être employé pour quelques pièces, et qu'on n'aurait point le temps ni la faculté d'y recourir, on tirerait ces pièces en mettant le boulet immédiatement sur la poudre, et, pour prolonger leur durée, on les ferait permuter de position avec celles qui seraient en batterie le plus près de leur emplacement, et pour le service desquelles on se servirait du sabot de diverses longueurs.

77. En adoptant le bouchon plus ou moins long pour conserver les pièces, comme on en a le projet (*Mémorial de l'artillerie; page* 51, *tom.* 1.), on corrigerait un défaut par un autre défaut plus grave encore, puisqu'on rendrait le tir plus incertain, et que, sans précision, le feu de l'artillerie se réduit à un vain bruit. Pour que les coups des pièces de siège, de place et de côte soient plus réguliers encore, il faut aussi substituer à la corne d'amorce l'étoupille ordinaire, ou simplement l'étoupille de poudre que nous avons proposée et éprouvée dans le cours d'artifice que nous avons fait à La Fère; ce qui aura de plus le précieux avantage de diminuer les consommations.

78. Le sabot est principalement utile dans le tir à ricochet pour assurer les coups, pour démonter l'artillerie des ouvrages que l'on veut prendre, et pour en chasser les défenseurs. Tous les calculs que l'on peut faire, en supposant la loi de la résistance de l'air connue pour chacune des vitesses imprimées, et tous les soins que l'on peut mettre à diriger cette espèce de tir ne rempliront jamais leur objet, tant qu'on laissera subsister la totalité des causes des anomalies actuelles qui changent les portées des bouches à feu de même calibre, et la direction de leurs projectiles. C'est à détruire ces causes ou à diminuer leur influence que doivent tendre tous les efforts de la pratique et de la théorie. Trois d'entre elles sont une suite de la manière de charger

les pièces : la première provient de l'emploi du bouchon sur la poudre, et nous venons d'indiquer comment on devrait l'annuller; la deuxième tient à la variation du vent, et change les portées; enfin la troisième dépend du vent supposé constant pour chaque pièce; elle produit les battemens, elle donne au boulet un mouvement de rotation, et il en résulte un inconvénient plus grand que celui de l'altération des portées. Le boulet parcourt l'ame de la pièce par bonds successifs, et lorsqu'il en sort il n'a pas de direction certaine; tantôt il est lancé à droite ou à gauche du plan vertical passant par l'axe du canon, tantôt au-dessus ou au-dessous de cette ligne.

79. Pour détruire ou affaiblir l'effet de la deuxième cause il existe 2 moyens : ou réduire les boulets au même calibre par le procédé des meules en grès et des sabots en bois, qui nous a réussi et dont nous avons envoyé la description à Son Excellence le Ministre de la guerre, ou ranger les projectiles par classe, en les faisant passer dans des cylindres de rayons différens de cinq décimillimètres entre les limites des tolérances des règlemens, et affecter chaque classe à une seule batterie avec les charges correspondantes. Nous avons dirigé ainsi avec avantage le tir des mortiers en prenant leurs projectiles de même poids autant que nous le pouvions, et en chargeant les bombes de pesanteur inégale de manière à les rendre aussi pesantes les unes que les autres; mais ce travail est long, et souvent on est forcé d'avoir plusieurs classes de projectiles, et des charges différentes pour une même pièce, ce qui multiplie les causes d'erreur et les précautions à prendre. Ce dernier moyen est plus propre à faire des expériences qu'à être employé devant l'ennemi; le premier remplirait mieux son objet et n'entraverait point le service des bouches à feu en temps de guerre, mais il n'est point applicable à la réduction du vent des bombes.

80. Pour parvenir au but qu'on s'est proposé d'atteindre avec l'un ou l'autre de ces 2 moyens, et paralyser la dernière des 3 causes d'anomalie considérées dans les canons, le sabot fixé au boulet peut être encore utilisé. Dans l'artillerie de campagne son plus grand rayon est plus petit que celui du boulet le moins gros pour la même pièce, à cause de la serge qui l'enveloppe et l'attache à la charge; mais dans les pièces de siège, de place et de côte il sera réuni au boulet seulement;

on pourra donc augmenter ses dimensions. Afin de le rendre capable de produire l'effet demandé on lui donnera pour diamètre le calibre de la grande lunette de réception et pour toutes les pièces, ou au moins pour tous les boulets de même calibre, on le fera d'un bois de même espèce, et parfaitement desséché, et de manière à toucher constamment la charge dans les abusiers. Le vent sera de même grandeur, ou moins considérable que celui des tables selon l'état de l'atmosphère, sa valeur moyenne sera diminuée dans le tir ordinaire, puisque les bouchons ne la changent pas (*Exp. de Hutton traduites par Villantroys, pag.* 91); et l'on consommera moins de poudre dans les batteries à ricochet, les distances de la crête à raser restant les mêmes.

81. Pour la pièce de 12, par exemple, la différence des calibres des 2 lunettes de réception étant de 170 centimillimètres (9 points), le vent du boulet moyen est de 311 centimillimètres (16 points), et il sera réduit de 85 centimillimètres (4 points $\frac{1}{2}$), par le sabot proposé. Mais avec la charge au tiers du poids du boulet (*Tables du tir, pages* 92 *et* 144.)

226 centim. (1 l.) de vent de moins augmentent la vitesse initiale.....	de 773 décim.	(238 pi.)
85 centim. (4 points $\frac{1}{2}$).....	de 289 —	(89 pi.)
245 gram. ($\frac{1}{2}$ l.) de poudre diminuent..	de 292 —	(90 pi.)

le mode de chargement que nous indiquons, en conservant la même vitesse initiale, procurera donc une nouvelle économie de 245 grammes ($\frac{1}{2}$ liv.) de poudre, ou de 50 centimes par coup.

82. Cette économie ne peut être le résultat d'un calcul illusoire; on parvient également à prouver qu'elle aura lieu en partant de cette donnée de l'expérience, connue de tous les artilleurs, qu'il faut 4 à 5 millimètres (2 lig.) de hausse de moins, quand on se sert de bouchons et de boulets roulans, au lieu de boulets ensabottés. Or, à bonne portée, à-peu-près à la distance où l'on ouvre la tranchée à 658 mètres (340 *t.*), avec la charge de 1958 grammes (4 *liv.*), et pour les vitesses ordinaires de 4548 à 4872 décimètres (14 *à* 1500 *pi.*), 4 à 5 millimètres (2 *lig.*) de hausse, correspondent à une diminution de 292 à 324 décimètres (90 à 100 *pi.*) dans la vitesse initiale (*Tables du tir, p.* 114), ou a une suppression de 245 grammes ($\frac{1}{2}$ *liv.*) de poudre, donc enfin le sabot produira un bénéfice de 50 centimes par coup, comme ci-dessus; quelle que soit d'ailleurs la

manière dont il augmente la portée, ou en diminuant le vent, ou en augmentant l'angle de projection.

83. Le gonflement du bois dont il sera formé ne pourra point s'opposer à l'introduction du boulet ensabotté dans la pièce; car il n'excède jamais un centième de chacune des 3 dimensions des bois de nos climats, et le vent est constamment au-dessus d'un trente-huitième du diamètre du plus gros boulet pour les pièces de siège, et d'un quarante-sixième du même diamètre pour les canons de place. Les sabots du même calibre éprouveront des variations égales dans leur volume, surtout lorsqu'on aura soin de les conserver dans le même magasin, et de façon qu'ils soient en tout temps à peu près au même degré de siccité ou d'humidité. Les anomalies qui proviennent des différences des diamètres des boulets disparaîtront ou seront moins sensibles, les battemens et le mouvement de rotation du projectile dans l'ame de la pièce n'auront plus lieu, les canons et les obusiers seront d'une plus grande durée, l'angle de projection sera moins variable et plus souvent dans le plan vertical du tir. On sait d'ailleurs que le mouvement de rotation fait sortir le boulet de ce plan (*Lombard, Hutton et autres auteurs*), et M. Poisson a démontré dernièrement que l'angle de réflexion du boulet augmente et diminue avec la vitesse avec laquelle ce projectile tourne autour d'un de ses diamètres (*Bulletin universel des Sciences et de l'Industrie*, 1re *section*, cah. 9, année 1826); donc puisque le sabot détruit cette vitesse dans le canon et la rend plus petite dans toute l'étendue de la portée, les déviations à droite et à gauche seront moins considérables, et les ricochets plus uniformes.

84. Ainsi dans l'artillerie de siège, de place et de côte, comme dans l'artillerie de campagne, il faut faire usage du sabot; son emploi ne présente aucun inconvénient grave, et en le substituant au bouchon, comme on l'a indiqué, il en résultera les avantages suivans : On donnera aux pièces quatre fois plus de durée qu'elles n'en ont actuellement, le nombre des coups qu'elles pourront tirer sera double de celui auquel elles résistent avec les bouchons de longueur différente, on ne sera pas forcé de renouveller les armemens aussi souvent qu'on y est obligé maintenant; ce qui sera particulièrement utile dans l'attaque et la défense des places, le tir des bouches à feu aura plus de précision, les vitesses initiales et les quantités de mou-

vement des boulets nécessaires pour battre en brèche, seront plus grandes et leurs portées plus longues, ou on consommera moins de poudre pour lancer la même quantité de projectiles aux mêmes distances et sous le même angle de projection; enfin on aura une économie de plus de la moitié des frais de la fabrication journalière des bouches à feu. (73. 80 et 82. 2e cah.)

85. Le vent des boulets des calibres supérieurs est trop grand. Il est terme moyen de 425 centimillimètres (22 *points* $\frac{1}{2}$.) Il s'élève jusqu'à 51 décimillimètres (27 *points*), et il ne s'abaisse pas au-dessous de 37 décimillimètres (18 *points*). Il cause des déviations considérables en tous sens; s'il était moindre, la formation d'une partie du fluide qu'il laisse échapper ne serait pas nécessaire, et les canons et les affûts seraient moins promptement détériorés. Il faudrait le rendre plus petit; cependant on le conserve tel qu'il est, parce que les pièces de 16, de 24 et de 36, étant particulièrement destinées à tirer à boulets rouges, lorsque les circonstances l'exigent, il est impossible de le réduire en diminuant le calibre de l'ame ou en augmentant le rayon du projectile, comme on l'a fait pour les pièces de campagne (*Analyse et Pissertation relatives à la nouwelle artillerie, p.* 43.) Or le sabot fournit encore le moyen de lever cette difficulté. L'humidité en le faisant gonfler ne peut nuire à l'exécution des feux lorsqu'il a dans son état de siccité ordinaire un calibre de 85 centimillimètres (4 *points* $\frac{1}{2}$) plus fort que celui du plus gros boulet (82. 2e cah.). En lui donnant cette dimension, perpendiculairement à son axe, on diminuera le vent des projectiles désignés ci-dessns de 17 décimillimètres (9 *points*), dans les temps secs, et de 226 centimillimètres (12 *points*), au moins, dans les saisons pluvieuses, c. à d., de la moitié et des deux tiers de sa valeur réglémentaire; amélioration essentielle demandée depuis long-temps, et qu'on n'a pu obtenir jusqu'à ce jour sans compromettre le service des bouches à feu, surtout dans les batteries de côte. (Aid. mém., 5e éd., p. 500et 484.)

86. Les propriétés du corps interposé étant ainsi déterminées, continuons l'examen comparé de la poudre fine et de la grosse poudre. Nous avons vu que la 1re de ces deux poudres est meilleure pour les fusils et pour les canons de tous les calibres (61. 2e cah.); assurons-nous si on doit la préférer également pour les pièces à projectiles creux et pour les pierriers.

87. Dans ces bouches à feu, comme dans les canons, la plus forte charge brûle entièrement, aucun de ses grains n'est projeté plus loin que la tranche, et le mobile avant de sortir de l'âme est soumis à toutes ses impulsions, seulement il n'acquiert point une vitesse égale à celle du fluide formé. Si une portion de la poudre était chassée au-dehors, les premiers principes de l'artillerie auraient été méconnus; la capacité de la chambre ne correspondrait pas à la longueur de la pièce, il faudrait la diminuer et l'expérience prouve au contraire, que dans l'état actuel des choses, elle est au-dessous de ce qu'elle pourrait être. Elle serait sans doute trop grande pour des poudres de grains beaucoup plus gros que ceux des poudres que l'on fabrique ordinairement en Europe. Notre poudre à canon n'est lancée en partie hors des mortiers, sur les places fortes, que lorsque l'on tire ces pièces avec une charge considérable, qui remplit ou recouvre le fond de leur âme, et qui est proscrite, parce qu'elle expose les bombardiers à un danger éminent et qu'elle augmente inutilement les consommations.

88. Cela posé, la poudre fine brûlant plus vite que la grosse poudre à volume égal (102. 1er cah.), il est évident qu'elle produira encore plus d'effet que cette dernière dans les obusiers, dans les mortiers et dans les pierriers, quand on exécutera ces bouches à feu à chambre pleine; elle rendra les obus moins sujets aux déviations en redressant aux distances des tables la trajectoire de ces projectiles; elle aura le même avantage en petite quantité, parce que le sabot du modèle proposé touchera constamment au sachet (80. 2e cah.); elle sera plus propre au tir du mortier de côte, dont l'objet est de chasser au large et le plus possible les vaisseaux ennemis, pour protéger le cabotage et empêcher les débarquements; elle conviendra mieux aussi à l'exécution des mortiers à grandes portées et des divers calibres dont on se sert de part et d'autre dans les siéges pour inquiéter les troupes aux distances éloignées, et principalement pour forcer l'assiégeant à retirer ses dépôts lorsqu'il les a établis trop près de la place. On augmentera les petites charges lorsqu'on les emploiera pour tirer à leurs portées actuelles, par exemple, sur la 2e et la 3e parallèle, sur les boyaux de communication et sur les glacis afin de retarder le couronnement du chemin couvert. Cependant si on voulait conserver

à tous les projectiles les mêmes vitesses initiales, les consommations ne seraient pas plus grandes : la quantité de poudre fine que l'on devrait ajouter aux charges des obusiers, des mortiers et des pierriers, tirant entre les limites de leurs portées, n'équivaudrait pas à celle dont il faudrait diminuer les charges des canons ; car le nombre des pièces à chambre dans les différens services de l'artillerie n'est que la moitié environ de celui des autres bouches à feu, leurs charges sont moins fortes et elles ont moins de coups à tirer. Plus la poudre est fine et moins il il en faut d'ailleurs pour faire éclater les obus et les bombes (*Expériences de Vincennes*). Afin de ne point changer les charges et d'allonger même la portée, on remplira le vide dans la chambre, par le sabot dans les obusiers, et à l'aide d'un tampon en bois que l'on placera sur la poudre dans les mortiers et dans les pierriers, ou qu'on fixera pour ces dernières pièces sous le centre du plateau sur lequel repose le panier. Ces divers moyens d'enlever la cause qui affaiblit la force de projection pourront servir encore à diminuer la quantité de poudre nécessaire en temps de guerre et en temps de paix, quelle que soit la grosseur et la forme des grains.

89. Ainsi en chargeant les pièces, comme il est d'usage, et en laissant les vitesses initiales et les consommations telles qu'elles sont, on peut affecter la poudre fine au service de toutes les bouches à feu. En lui donnant cette destination et en l'utilisant avec les moyens indiqués, le poids des charges restant le même, on obtiendra dans les batailles, dans l'attaque et la défense des places, et sur les côtes des résultats plus avantageux que ceux que l'on se procure avec la grosse poudre; et sans rien changer au mode de chargement actuel lorsqu'on tirera les mortiers et les obusiers, à pleine chambre, les bombes seront lancées à de plus grandes distances et les obus atteindront plus souvent l'objet visé aux portées ordinaires.

Des Poudres anguleuses.

90. Sous une forme quelconque et non sphérique, les petits grains n'ont pas autant de pesanteur spécifique que les gros; ils forment moins de vide dans les chambres des obusiers, des mortiers et des pierriers; et comme ils brûlent plus vite à volume égal, ils ont, sous le même volume, plus de force dans ces pièces, dans les canons et dans toutes les armes à feu où le pro-

jectile reçoit la totalité des impulsions successives qui ont lieu pendant l'entière combustion des charges. Cette vérité est confirmée par l'expérience, comme nous le verrons dans le 3e cahier; du reste, elle n'est qu'une suite immédiate des résultats que nous avons rapportés dans le cahier précédent et qui ont été obtenus au moyen d'un fusil, d'un canon et d'un mortier d'épreuve (105. 1er cah.). Lorsqu'on a réservé spécialement la grosse poudre pour les feux de l'artillerie, on n'a pu avoir l'intention de les rendre plus efficaces, ou on a été induit en erreur, soit en éprouvant les poudres anguleuses sous le même volume seulement et par les procédés usités, après avoir donné à leurs grains des grosseurs fort différentes, soit en les grenant d'abord comme on le fait ordinairement, et en estimant ensuite leur force, alternativement sous le même volume et sous le même poids, dans des armes de l'espèce de l'éprouvette-bilboquet. De semblables épreuves ne font connaître que des faits particuliers, et en supposant que ces faits ont lieu généralement, on n'en déduit que des conséquences illusoires pour tous les cas où l'identité, ou la similitude des circonstances n'existe pas. C'est ainsi qu'en s'écartant des principes que nous avons posés et qui nous servent de guides, on s'est trompé en cherchant les propriétés des poudres rondes et les temps de la combustion des traînées de gros et de petits grains sphériques ou anguleux. (§ 90 et suiv. 1er cah. § 44 et suiv. 2e cah.)

91. Comparons maintenant entr'elles les deux poudres de guerre que l'on fabrique dans nos poudreries. D'après ce qui précède, avec les charges dont on se sert le plus communément, la poudre à canon n'imprime pas aux projectiles militaires autant de vitesse initiale que la poudre à fusil; ainsi elle donne plus de courbure à la trajectoire des boulets, des obus et des bombes, par conséquent moins de précision au tir ordinaire des canons et des obusiers et moins de portée aux mortiers et aux pierriers. On est forcé, en cas d'urgence, de l'employer également à la confection des cartouches des armes à feu portatives; et c'est pour qu'elle puisse remplir cette condition qu'on a diminué le diamètre des trous de son grenoir, de manière qu'elle passe à travers la lumière de ces armes. Lorsqu'on l'utilise de cette manière, elle rend les feux de l'infanterie en ligne moins meurtriers, parce qu'elle occasionne plus de ratés et qu'elle a moins de force que

la poudre qu'elle remplace. Par les mêmes motifs, elle expose davantage le soldat détaché en tirailleur ou en vedette et réduit à se défendre, à bout portant, contre le cavalier ou l'homme à pied qui l'attaque, et de loin, elle nuit à la justesse du tir de son arme. Elle ne permet pas non plus dans un combat de tirer le fusil aussi long-temps qu'on le fait avec la poudre fine; elle oblige plus souvent d'en laver le canon, parce qu'elle y forme plus de crasse en raison de la grosseur des grains et du temps de leur combustion. (*Expériences de* 1817, et 3e *Mém. de M. Proust.*) Nous avons observé en outre qu'elle s'altère plus promptement pendant les marches et la distribution; donc elle est moins bonne. (4. 1er cah.)

92. Depuis que la direction générale des poudres et salpêtres a été confiée aux soins des officiers du corps royal de l'artillerie, on a diminué la grosseur des grains, comme on l'a dit plus haut; on a perfectionné leur fabrication sous tous les rapports et autant qu'il était possible, en se conformant aux idées reçues et à la décision ministérielle qui ordonne de fabriquer les deux espèces de poudre que nous examinons; mais comme les grains à canon donnent lieu à des inconvéniens auxquels on ne peut remédier et dont nous venons de parler; il reste à supprimer ces grains ou à ne confectionner que de la poudre de mousqueterie, en cherchant à améliorer ou à mettre en pratique le mode de granulation le plus avantageux. (§ 36 et suiv. 2e cah.) D'ailleurs, en ne conservant qu'une espèce de poudre dans les divisions, dans les parcs, dans les dépôts et dans les places, on diminuera le nombre des méprises qui retardent souvent l'exécution des ordres les plus importans; on se procurera, dans beaucoup de circonstances, le moyen de satisfaire plus promptement aux consommations, et la comptabilité matière sera moins compliquée. Ces propriétés sont communes aux poudres rondes, et, parmi ces dernières, celles qui ont de petits grains sont préférables pour les feux d'artillerie et de mousqueterie. (88 et 89. 2e cah.)

93. Par conséquent, quelle que soit la forme des grains, avec le dosage adopté et l'intimité de mélange que la composition acquiert par les procédés en usage, il ne faut faire qu'une seule poudre; et les grains de cette poudre doivent être au plus de la grosseur des grains moyens du grenage *en fine* (38. 2e cah.), tant pour

les fusils, les carabines, les mousquetons et les pistolets, que pour les canons en particulier, et toutes les bouches à feu en général. *Solution de la quatrième question.*

94. En fabriquant les grains de guerre d'après ces principes, on les rendra plus propres aux divers services auxquels ils sont destinés; on simplifiera les approvisionnemens; on donnera plus de portée aux armes à feu et plus de justesse à leur tir, et sans altérer les vitesses qu'elles impriment à leurs projectiles, on pourra diminuer la quantité de poudre annuellement consommée par les troupes de S. M. sur terre et sur mer.

FIN DU DEUXIÈME CAHIER.

ERRATA.

1er *cahier.*

Page 25 au lieu de $\frac{P(v-v')}{r'}$ lisez $\frac{P(v-v')}{\pi r'^2}$.

» 32 » » $\frac{12}{17}$ lisez $\frac{37}{51}$.

» 35 » » $\frac{303}{624}$ lisez $\frac{302}{623}$.

» *ib.* » » $\frac{12}{76}$ lisez $\frac{37}{51}$.

» *ib.* » » $\frac{12}{17} + \frac{3}{68}$ lisez $\frac{37}{51} + \frac{5}{204}$.

» *ib.* » » $\frac{3}{68}$ lisez $\frac{5}{204}$.

PARIS. — IMPRIMERIE DE FIRMIN DIDOT,
RUE JACOB, N° 24.

586069

Digitized by Google

PARIS [illegible] 4 PLACE DE L'ODÉON

Teodoria d'Aria
NIOLA
Via G. Paladino, 59 Cosenza